

Lersch





HYDRO-PHYSIK

oder

LEHRE VOM PHYSIKALISCHEN VERHALTEN

DER NATÜRLICHEN WÄSSER,

namentlich von der Bildung

der kalten und warmen Quellen.

Von

DR. B. M. LERSCH,

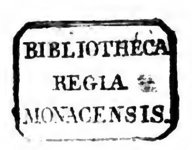
Arzte zu Aachen.

Zweite Auflage des betreffenden Theiles der „Einleitung in die Mineralquellenlehre“.

BERLIN, 1865.

Verlag von August Hirschwald.

Unter den Linden No. 68.



Vorwort zur zweiten Auflage.

Die hier vorliegende Hydro-Physik bildet das Gegenstück zu der früher erschienenen Hydro-Chemie. Wie diese sich auf die Mischung aller natürlichen Wässer ausdehnte, so hat jene sich mit den physikalischen Eigenthümlichkeiten der natürlichen Wässer zu beschäftigen. Vorzugsweise umfasst sie aber die Lehre von der physikalischen Bildungsweise der gemeinen und edlen, der kalten und der warmen Quellen und weist nach, woher die Quellen Wasser und Wärme nehmen. So oft dieser Gegenstand auch in einzelnen Abhandlungen und Kapiteln abgehandelt worden ist, so fehlte darüber doch eine ausführliche, dem neuesten Standpunkte der Natur-Wissenschaften entsprechende Arbeit. Wenn ehemals die Entstehung der Quellen völlig in ein mysteriöses Dunkel gehüllt war, so ist jetzt die Quellenlehre mit Hülfe bekannter physikalischer, chemischer und geologischer Thatsachen auf einen Standpunkt angekommen, von dem die meisten als wunderbar erschienenen Eigenthümlichkeiten der Quellen Aufklärung gefunden haben. Es war also wohl an der Zeit, Das, was als unbestrittene Erkenntniss von nun an gelten kann, zu sammeln und sich Dessen, was noch der weitern Forschung bedarf, bewusst zu werden. Damit ist der Zweck des vorliegenden Buches bezeichnet.

Dr. Lersch.

Abkürzungen, Bemerkungen.

W. heisst Wasser, Wässer, Wassers.

Qu. heisst Quelle, Quellen.

M.W. heisst Mineral-Wasser oder -Wässer, M.Qu. heisst Mineral-Quelle oder Quellen.

F. oder ' heisst Fuss.

M. heisst Meter.

K. heisst Kubik (K.F. Kubik-Fuss, K.M. Kubik-Meter).

Spez. Gew. heisst spezifisches Gewicht.

Z.T. heisst Zehntausendtel.

F. G. heisst fester Salzgehalt.

Alle Temperatur-Angaben, die nicht mit R. (Reaumur) oder F (Fahrenheit) bezeichnet sind, beziehen sich auf das hunderttheilige Thermometer nach Celsius.

Wie bei der Hydro-Chemie sind die Bücher, welche ich benutzt habe, durch einen * bezeichnet, der, vor den Namen des Schriftstellers oder den Titel des Buches gesetzt, für die Richtigkeit des Citates eine Bürgschaft gibt.

Verbesserungen.

S. 34, Z. 19 v. o. lies 96°3 statt 96°2.
S. 35 u. 44 lies Cabello statt Caballo.
S. 44, Z. 11 v. o. lies 64° statt 64°6.
S. 44, Z. 11 v. o. lies 59°2 statt 59°3.
S. 44, Z. 14 v. o. lies 90°4 statt 90°2.
S. 131, Z. 11 v. o. lies Berührungsstelle der pyritführenden Felsen.

Paragraphen-Register.

Physik der natürlichen Wässer.

§. 1. Verhalten der Wässer zu Magnetismus und Elektrizität.

Das reine W. ist diamagnetisch, es kann aber magnetische Substanzen sowohl als diamagnetische auflösen. Die vom W. aufgenommenen diamagnetischen Körper verlieren durch die Auflösung ihre Eigenthümlichkeit nicht u. das W. erlangt durch Aufnahme von Eisen- u. Mangansalzen deren Magnetismus. Durch Auflösung von mehr oder weniger Eisenvitriol im W. kann eine Mischung zu Stande kommen, die magnetisch oder diamagnetisch oder indifferent ist. Ueber den Magnetismus der Mineralwässer sind noch keine Versuche angestellt worden.

Ist der Boden, dem die M.Qu. entspringen, zuweilen eigenthümlich magnetisch? Nach Gmelin wurde die Abweichung der Magnetnadel am stärksten in der Nähe der warmen Quellen von Baden-Baden gefunden, „oder da, wo mehrere warme W.-Leitungen eingeklemmt sind.“ Der Hauptqu. gegenüber machte die Nadel in ganz kleinen Entfernungen von ½—3′ bedeutende Abweichungen, verhielt sich in langen Schwingungen u. zeigte zugleich etwas Inklination. Auf den Hügeln u. Bergen um Baden wurde aber eine solche Abweichung nicht bemerkt. — Ehe aber die Einwirkung der Quellen auf die Magnetnadel Gegenstand der Erörterung sein kann, muss zuerst der Magnetismus der Gesteine mehr erforscht sein, als es jetzt der Fall ist.

Geht von dem unterirdisch fliessenden W. ein dem Magnetismus oder der Elektrizität ähnliches Fluidum aus, für welches nur wenige Menschen empfindlich sind? Zur Bejahung dieser Frage könnte man Idiosynkrasien wie die folgenden aufführen, wenn sie sich nicht als Wirkung der Feuchtigkeit deuten liessen. Eisenmann kannte eine asthmatische Frau, die in keinem Hause schlafen konnte, unter dem sich eine nicht sehr tief fliessende Qu. befand (Canstatt's Jahresber. üb. 1842.) Ein Bauer Bleton erlitt bei der Gegenwart unterirdischer Qu. eine Fieberbewegung u. einen nervösen Zustand, der zuweilen bis zur Ohnmacht ging; Thouvenel suchte im J. 1784 mittels dieser Eigenthümlichkeit den unterirdischen Verlauf der Qu. von Aix zu erfahren. v. Salis stellte mit Thouvenel u. seinem Gefährten Pennet (Bleton?) Untersuchungen über die Qu. von Pfeffers an u. beschrieb diese Versuche in einer Schrift, wovon ein Auszug in Voigt's Mag. f. d. Neueste in der Phys. XI steht. Folgende Zeitungsnachricht gehört auch noch ins Gebiet derartiger Versuche. „Das Univers (1853) berichtet von neuen Wassersuchern, welche bestimmt zu sein scheinen, die in Frankreich so berühmten Herren Roux de Brantes u. Abbé Paramelle in Schatten zu stellen. Es ist der Abbé Martin, Pfarrer zu Oppede im Vaucluse-Departement, der diese Kunst (oder vielmehr Naturgabe) in Gemeinschaft mit

seinem Pfarreingesessenen Bompuis, einen einfachen Bauer, ausübt. Beide spüren das W. durch eine nervöse Erregung, die es auf sie ausübt, jedoch in etwas verschiedener Weise, so dass ihre beiderseitigen Talente sich ergänzen. Sie geben nicht an, wie tief das W. liegt, noch wie stark die Qu. sind. Wo sie aber W. angezeigt haben u. Bohrversuche gemacht worden sind, haben sich reichliche Qu. gefunden. Der landwirthschaftliche Verein zu Avignon hat durch eine Commission von intelligenten Agronomen die Fähigkeiten der beiden W.-Sucher prüfen lassen u. in einer öffentlichen Erklärung vollkommen anerkannt. An mehreren Stellen haben sie die von Roux u. Paramelle entdeckten Qu. wiedergefunden u. neue in der Nähe angegeben, welche jene nicht erkannt hatten." — So sollen auch Caisson aus Villafranca bei Nizza u. Amoretti in der Angabe des Laufes unterirdischer Gewässer übereingestimmt haben. Jener erfühlte das W. mit den Füssen, dieser mit Hülfe eines bipolaren Cylinders, ja Andere angeblich — ich wage es kaum zu schreiben — mittels der Wünschelruthe. (Quaterley Rev. 1820, XXII.) Der zuweilen eintreffende Erfolg bei allen solchen, ehrlichen wie trügerischen W.-Suchern beruht doch wohl nur eben auf der Thatsache, dass in sehr vielen Gegenden in einiger Tiefe fast immer W. zu finden ist. —

Das W. hat zur Elektrizität eine zweifache Beziehung; es kann solche an eingetauchten Metallen erregen oder die mitgetheilte Elektrizität leiten.

Flüssiges W. ist bekanntlich ein besserer Elektrizitäts-Leiter als Luft; minder bekannt dürfte es sein, dass Eis isolirt, wie Humboldt fand. »W. bis zur Siedhitze erwärmt, oder in Dünste aufgelöst, nimmt an leitender Kraft ungemein zu, so dass, wenn man einen elektrischen Funken zwischen kochendem W. von einem Drahte in den andern überschlagen lassen will, kein Funken erscheint.« (Heidemann Theor. d. Elektr. I, 1799, 204.) Humboldt sagt dagegen: »Selbst unzersetzter, nur elastisch expandirter W.-Dampf scheint schon ohne Leitungskraft zu sein.«

Das Wasser nimmt unter verschiedenen Verhältnissen freie Elektrizität an. Schon die freie Zertheilung des W., wie sie beim Regen, bei W.-Fällen, bei Douchen, bei Wasserstaub-Inhalationen vorkommt, macht Elektrizität frei.

Vom Regen ist dies bekannt. Cavallo lud eine Leidener Flasche durch die Tropfen eines heftigen Platzregens. Tralles fand die — Elektrizität beim Reichenbacher W.-Fall im Haslithale so stark, dass das Elektrometer schon auf 10 Schritt Entfernung afficirt wurde. Schübler (Schweigger's Journ. 69. B., 1833) berichtet über ähnliche Beobachtungen: „Sind die W.-Fälle bedeutend u. fällt der feine Wasserstaub auch nur von Höhen von 50 bis 60 Schuhen, so ist die negative Elektrizität in deren Nähe oft völlig so stark, als die von stark elektrischen Regen. Sie ist bedeutend stärker, als bei den dichtesten Nebeln. Sie unterscheidet sich wesentlich (?) dadurch von der Elektrizität der Nebel u. Regen, dass sie nie ins Positive übergeht, während bei den letzteren, vorzüglich bei vorüberziehenden Regen u. Gewittern die mannigfaltigsten Abwechselungen zwischen + E u. — E statthaben. Beobachtet man in den Umgebungen eines grössern Wasserfalls auf demselben Standpunkt einige Zeit das Elektrometer: so bemerkt man auch hier ein Schwanken in der Stärke der negativen Elektrizität, je nachdem durch Winde dem Zuleitungsdrahte des Elektrometers mehr oder weniger W.-Staub zugeführt wird. Selbst auf Entfernungen von einigen 100 Schuhen ist diese negative Elektrizität oft noch zu bemerken; sie verschwindet, so wie man sich aus dem Umkreis begibt, in welchem noch feiner W.-Staub niederfällt."

Es entsteht ein elektrischer Strom, wenn warmes W. mit kaltem gemischt wird. Wird W. in einer Leidener Flasche wenig schnell erwärmt, so

wird es negativ (Annal. d. Chem. LVIII). Die Dämpfe des kochenden W. zeigen auch unter Umständen — Elektrizität (*Saussure Voy. II, 228); sind sie aber durch rothglühendes Eisen erzeugt, + Elektrizität.

In neuerer Zeit ist man noch auf die grosse Elektrizitäts-Menge aufmerksam geworden, welche ein aus einem Dampfkessel mit Gewalt entweichender Dampfstrom zeigt, doch wird ihre Entstehung nur der Reibung des Dampfes beim Ausströmen oder anderen Ursachen zugeschrieben.

Wo Elektrizität in verdampfenden Flüssigkeiten auftritt, verdankt sie nach Buff ihre Ausscheidung nicht dem Verdampfungsprozesse selbst, sondern ist der Flüssigkeit zuvor von einer andern Quelle mitgetheilt worden. Eine solche Quelle kann z. B. die Berührungsfläche der Flüssigkeit mit der Gefässwand oder einem eingetauchten metallischen Leiter sein. Der aufsteigende Dampfstrom bildet nur das Mittel für die Fortleitung der Elektrizität.

Kommt nun nicht eine ähnliche Erzeugung der Elektrizität bei der Erwärmung des Thermalwassers im Erdinnern, bei dessen Mischung mit kaltem Quellwasser, bei der Auflösung der Salze u. Gase, bei den Zersetzungsvorgängen, beim Zusammendrücken u. Reiben des W., bei natürlichen Dampfströmen, bei der Erwärmung der Badewannen durch Dampf, bei der Dampfdouche, beim Verdampfen des an der Haut haftenden W. vor? Die Möglichkeit der Bildung solcher elektrischen Spannungen kann man, auch ohne die vor einigen Jahrzehnden einmal beliebt gewesene Annahme des Vorhandenseins geologischer voltaischer Säulen an der Bildungsstätte der M.W., nicht läugnen. In wie fern sie aber wirklich vorhanden sind, ist eine noch nicht gelöste Frage.

Fast alle Stoffe, die das W. in der Natur auflöst, vermehren die elektromotorische u. auf Metalle chemisch einwirkende Kraft sowohl, als die Leitungsfähigkeit; es ist daher auch zu erwarten, dass M.W. mehr auf den Multiplikator wirken als reines W. u. dass bei der grossen Empfindlichkeit des Multiplikators sehr merkliche Unterschiede der Anzeigen des Instrumentes von einer kleinen chemischen Abänderung herrühren.

Die Prüfung des elektrischen Verhaltens der M.W. vollzog Kastner folgendermassen: „1) Ein passender Theil des zu prüfenden W. wurde, als flüssiger Leiter, in drei- bis viererlei Weise mit den Kupferdrahtenden eines hinreichend empfindlichen Multiplikators in leitende Verbindung gesetzt, a) mit zwei gleich langen, gleich breiten, gleich glatten Platinstäben, diese dann gleich tief u. in gleicher Richtung in ein oben offenes Cylinderglas gesenkt u. nun in gleich grossen Abständen, in Mitten beider Platinstäben, zwischen ihnen das zu prüfende W. in solcher Menge eingegossen, dass es an beiden Stäben so hoch hinaufreichte, dass ½ Zoll der Stablänge oben wasserfrei blieb; man arbeitete bei diesen u. den folgenden Versuchen in einem Zimmer, dessen Luftwärme man sorgfältig in gleichem Grade erhielt, u. in Zeiten, in denen der Barometerstand sich nicht merklich änderte, u. man vollzog diese Prüfung, indem man abwechselnd die Kette bei dem Nordende des Multiplikators u. dann bei dessen Südende öffnete u. wieder schloss; es wurden hierzu stets dieselben Zeitdauern verwendet u. Hebung des die Oeffnung bewirkenden Platinstabes wie dessen Senkung immer mit gleicher Geschwindigkeit vollbracht, die sich dabei ergebenden Magnetnadel-Abweichungen aber unmittelbar nach Vollzug jedes Versuches der Art genau angemerkt; b) statt des einen der beiden Platinstäbe wurde mit dem einen der Kupferdrahtenden ein wohl geglätteter Stab chemisch-reinen Zinks so verbunden, dass in diesem, wie in dem vorigen (u. in dem folgenden) Versuche beide stabfreie Kupferdrahttheile stets dieselbe Länge behielten; übrigens wurde bei diesem, u. ebenso auch bei den folgenden Versuchen verfahren, wie bei dem ersten (a) Versuch; c) der erste Versuch wurde unter der

Abänderung durchgeführt, dass man statt mit einem flüssigen Leiter mit zweien, nämlich mit dem zu prüfenden M.W. u. mit chemisch-reinem W. beide Platinstäbe abwechselnd dergestalt leitend verband, dass einmal der Nordendestab in das reine, bei einem zweiten Versuche hingegen derselbe Stab in das M.W. tauchte, während der Südendestab jedesmal die entgegengesetzte Flüssigkeit berührte, wurde in gleicher Weise auch mit beiderlei Metall- (Zink- u. Platin-) Stäben verfahren; in allen diesen Fällen aber fanden sich beide Flüssigkeiten durch einen Bogen reinsten W. mittelst einer V-förmigen Röhre unter sich leitend verbunden; beide Schenkel dieser Verbindungsröhre reichten dabei gleich tief in die Flüssigkeit hinab. Geprüft wurde in solcher Weise zunächst natürlicher u. künstlicher Rakoczy, natürliches u. Selterser-W.; stets ergab sich, was schon früher von K. angestellte Versuche gelehrt hatten, dass die künstlichen W. sofort, die natürlichen erst nach mehr oder weniger längerer Zeit die Multiplikatornadel zu Ablenkungen bringen, die bei den ersteren bald abnimmt, bei letzteren bis zu einem gewissen Zeitpunkt allmälig u. mitunter, wie z. B. bei Brückenau's Säuerlingen, beim Rakoczy, beim Hambacher Brunnen u. s. w. sehr allmälig wächst u. hierauf eben so langsam sich mindert, während künstliche Gemische der Art nicht nur schnell ihr Grösstes der Einwirkung auf die Magnetnadel erreichen, sondern auch nicht weniger rasch an dieser ihrer Einwirkung einbüssen. Ausserdem wurden galvanische Versuche ähnlicher Art auch mit dem W. einer u. derselben M.Qu. zu verschiedenen, zum Theil sehr beträchtlichen (Jahre hindurch) von einander fernenden Zeiten wiederholt, um so zu erfahren, in welchem Maasse W. von einer u. derselben Füllzeit durch kurzes, längeres u. sehr langes Lagern sich ändert. Es zeigte sich, dass — waren die Krüge oder Flaschen ihrer Zeit gehörig gefüllt u. verschlossen worden — sich auch u. in manchen Fällen mit kaum merklicher Minderung ihrer Gasbindung die W. Jahre hindurch frisch hielten; so namentlich der Rakoczy, der Bockleter Stahlbrunnen, Kissingens Theresienbrunnen, der Fachinger u. der Selterser Brunnen, der Mergentheimer Brunnen u. das Friedrichshaller Bitterwasser.“ *)

In Bezug auf die hier angeführte Vergleichung natürlicher u. künstlicher M.W. ist freilich zu beachten, dass der damalige Standpunkt der Chemie keine vollkommene Nachbildung der natürlichen M.Qu. ermöglichte.

Nach Kastner's Versuchen zeigten die sämmtlichen Thermen Wiesbadens mittels eines elektromagnetischen Multiplikators (s. Kastner's Experimentalphysik 6. Kap.) „eine auffallende Wirkung auf die Magnetnadel u. zwar schon dann, wenn die beiden Drahtenden des Multiplikators das in das W. gesteckte Zink-Kupferpaar berührten, ohne dass die einzelnen Metalle dieses Paars im W. in Berührung standen. Bei einem Abstande der erwähnten Metalle von 1/2 Zoll wich die Magnetnadel mit ihrem Nordpolende in dem bis zu 15° C. erkalteten W. gegen 39—45° ab, während unter gleichen Bedingungen ein eben so kaltes reines W., oder ein ebenso Salz- u. Kohlensäure-haltiges künstliches Gemisch kaum 10—12° Abweichung zeigte, u. während selbst eine gesättigte Salz- u. Kohlensäure-Lösung nicht

*) „Ausser diesen galvanischen Prüfungen unterwarf K. vorzüglich seit dem Jahre 1837 die Gesammtmasse der Mineralquellen dadurch einer ihre verhältliche Beständigkeit (Dauerbarkeit ihrer Mischung) darthuenden, von ihm als physisch-chemische bezeichneten Prüfung, dass er deren W., in offene flache Schalen verbreitet, der Berührung einer Zimmerluft von möglichst gleich erhaltener Fühlwärme mehrere Stunden hindurch (mitunter selbst Tage lang) aussetzte, u. auch hier zeigte sich, dass natürliche W. der Art (Selterser W. u. Rakoczy) später zerfallen u. der Zersetzung unterliegen, als künstliche gleicher Benennung.“

Zuweilen hat man auch die chemische Wirkung der Elektrizität benutzt, gewisse Substanzen aus dem W. für die Analyse zu gewinnen; z. B. sagt Kastner, er habe aus der selbst verfertigten Mutterlauge der M.W. Schliessungsbögen einer Volta'schen Batterie gebildet u. die in den Polnähen befindlichen Theile der zersetzten Lauge wiederholt gesammelt u. mit Reagentien geprüft. Vgl. Hydro-Chemie S. 570, A..

über 25° Abweichung gab." „K. folgert hieraus, dass das W. unserer Qu. beträchtlich reicher an Mischungs-Elektrizität sei (u. die Berührungs-Elektrizität besser leite) als jedes Kunstgemisch ähnlicher Art.... K. vermuthet, dass der grosse Druck, unter welchem ohne Zweifel die Bildung zu Stande kommt, in Verbindung mit der, während der Bildung eintretenden Temperatur-Erhöhung, die Hauptursache der ungewöhnlich starken elektrischen Strömung, u. der durch diese angezeigten (? Ref.) grossen Innigkeit der chemischen Anziehung der Bestandtheile jenes Ganzen darbiete; wie denn schon in den Werkstätten der Chemiker diese durch Vermehrung (?) u. Dauerverlängerung des Drucks u. der Wärme, für viele chemische Verbindungen eine Innigkeit erreichen, von welcher das gewöhnliche blosse Zusammenmischen kaum eine Spur anzeigt."

Nach anderer Nachricht hat Kastner aber bei den Schlangenbader Thermen mit 6—9 Z.T. festen Gehalts u. bei andern M.Wässern die elektrische Spannung u. Leitung bestimmt, ohne darin eine Ausnahme von bekannten Gesetzen zu finden.

Vielfache Versuche sind mit dem Gasteiner Thermal-W. angestellt worden u. zwar (1829) von den Physikern Prof. Andr. v. Baumgartner (dem Verf. der Lehrbuchs der Physik) u. Marian Koller, später von Mayer, Prof. der Physik zu Salzburg, von den Professoren A. W. F. Schultz aus Berlin u. Desberger, von Prof. Pleischl, dann von Prof. Wolf (1845), weiter von Prof. Buff (in Gegenwart von Liebig), u. noch (1858) vom Brunnenarzte Pröll u. von Schwarz, endlich von Bohn (1860). In den Berichten über diese Versuche herrscht nicht immer die gehörige Klarheit u. es wird die elektrometrische Wirkung öfters nicht von der Leitung des elektrischen Fluidums unterschieden.

Ich verweise in Bezug auf Pleischl's Versuche auf deren vollständige Mittheilung in den Jahrb. des österr. Kaiserstaates (Bd. 58, J. 1846, 155—181 u. 285—300) u. beschränke mich auf eine kurze Mittheilung der Resultate der andern Experimente, die Entscheidung den Sachkundigen überlassend, die hier allein eine Stimme haben können. Nach Baumgartner bringt das Gasteiner W. an seinem Ursprunge die Magnetnadel auf weit höhere Grade des Multiplikators u. wirkt weit gleichmässiger fort, als gewöhnliches destillirtes oder gemeines, bis auf denselben Grad erwärmtes W., welches vergleichungsweise nur einen sehr schwachen Reiz auf das Instrument ausübte. Dieses Ablenkungsvermögen nahm mit der Verminderung der Wärmegrade ab. Mayer hat bei Wiederholung dieses Versuches dasselbe Resultat erhalten, dass Gasteiner Thermalwasser in Vergleich mit destillirtem W. u. Brunnen-W. in jeder Temperatur die stärksten Abweichungen der Magnetnadel errege. Schwartze (Heilquellenlehre II, 150) scheint sich noch auf andere Versuche zu beziehen, wenn er sagt: „Das Gasteiner M.W. leitet also (nach Streinz) die Elektrizität mit weit grösserer Kraft u. Ausdauer. Oestr. Jahrb. XI, St. 1, 1836." Schultz hat 21 Galvanometer-Versuche mit Thermal-W., Brunnen-W. u. destillirtem W. angestellt, die dasselbe Ergebniss geliefert zu haben scheinen, über welche sich aber Desberger mit folgenden Worten äusserte. „Immer bleibt die Frage, ob der elektrische Strom jedesmal derselbe, also von gleicher Stärke u. Geschwindigkeit, war. Als vollendete Thatsachen dürfen alle diese Versuche noch nicht genommen werden. Sie reizen vielmehr zu neuen Versuchen, indem sie im Allgemeinen ein Resultat geben, das sehr auffallend ist, ohne dass es noch erklärt werden kann. Wenn das Gasteiner W. nichts anderes ist, als reines elementares W., warum soll es sich gegen Elektrizität anders verhalten, als reines destillirtes W.? Diese Thatsache ist viel zu auffallend, als dass sie leichthin ohne bestimmteste Bestätigung angenommen werden dürfte. Aber auch die Versuche von Prof. Alexander u. mir stimmen darin mit dem obigen überein, dass das Gasteiner W. die Elektrizität besser leitet, als destillirtes, weil von einer u. derselben Batterie die Wirkung auf den Organismus durch Schläge beim Gasteiner W. auffallend stärker war, als beim destillirten." *) (Kiehne Gastein S. 71.) Ueber diesen letztern Versuch wird weiter berichtet: „Der Versuch mit dem elektromagnetischen Hufeisenapparate bot noch das äusserst interessante Ergebniss, dass allen u. den unbefangendsten Personen, welche dem Experimente beiwohnten, die Leitungsfähigkeit des Gasteiner W. grösser schien, als

*) Die Stärke des Schmerzes beweist keine besondere Leitungsfähigkeit; das Faradisiren der Muskeln ist sogar weniger schmerzhaft bei nasser Haut als bei trockener.

die des destillirten, indem die Empfindung der elektrischen Schläge beim Gasteiner W. stets viel intensiver u. schmerzlicher war, als beim destillirten." Wolf leitete die grössere elektrometrische Wirksamkeit (nicht Leitungsfähigkeit) vom Mineralgehalte ab. Andererseits bewirkt aber, nach Werneck, gewöhnliches destillirtes W., wenn es auf denselben Wärmegrad gebracht wird, als das Gasteiner W. von Natur hat, die nämliche Abweichung der Nadel; eine noch grössere erfuhr er beim gewöhnlichen, mit mehr fixen Theilen geschwängerten u. auf den nämlichen Wärmegrad gebrachten Brunnen-W. (*Radius Beitr. I, 369). Bohn fand die Leitungsfähigkeit des Gasteiner W. für Elektrizität zwar grösser als die des destillirten W., aber kleiner als die des Isar-W., das doch auch nur einen sehr geringen Salzgehalt hat. (Ztschr. f. ration. Med. 3. R., VIII, 3.) Buff's Versuche finde ich nirgends mitgetheilt. Pröll experimentirte mit Thermal-W. (T), Brunnen-W. (B), Regen-W. (R), destillirtem W. (D) u. fand, wenn jedes der W. so warm war, als die vorn angegebene Zahl besagt, eine Abweichung der Nadel, in Grade ausgedrückt:

Wärme	T	B	R	D
10° C.	70°	40°	10°	6°
41° C.	107°	63°	17°	5°.

Vor 6 Wochen geschöpftes W. zeigte bei 11° C. eine Ablenkung von 65°, auf 41° C. erhitzt, 96° Ablenkung.

Man beruft sich darauf, dass Brunnen-W. einen grössern Salzgehalt zu haben pflege als das Thermal-W., aber erstens sind die Gasteiner kalten Qu. auch durch grosse chemische Reinheit ausgezeichnet, zweitens aber kann die Art der Mineralisirung ja einen Unterschied bewirken Ich würde mit Pröll sagen: „Um die Resultate dieser Versuche mit dem Multiplikator über alle Zweifel zu erheben, müsste man ein Gasteiner Thermal-W. nach der Weise Struve's künstlich bereiten u. sehen, ob dieses dieselbe Nadeldivergenz bewirke, wie das natürliche," wenn nicht eine genaue Nachbildung des Gasteiner W. ihre Schwierigkeiten hätte, die namentlich darin begründet sind, dass die Analysen von einander abweichen. Uebrigens sagte schon Struve (1826, 2. H.) im Allgemeinen von seinen Fabrikaten: „Bei mehrfachen Versuchen meiner W. mittelst des Siderometers verhielten sie sich mit den natürlichen Wässern gleich."

Die atmosphärische u. tellurische Elektrizität hat auf die Quellen, so viel wir wissen, nur einen mittelbaren Einfluss. Durch die damit gewöhnlich verbundene Erniedrigung des Luftdrucks wird die Entwicklung der Gase befördert. Cf. Hydrochemie §. 60.

Kastner sprach von den „Gewittern, die während des Sommers sowohl durch ihre Bildung als durch ihre Entladungen (u. namentlich auch durch ihre Rückschläge) gasreiche M.Qu. nicht selten aufregen." „Findet sich" so sagte derselbe Physiker „das Erdinnere von einem dem magnetischen Erdäquator gleichlaufenden elektrischen Gesammtstrome umkreiset, was als erwiesen erachtet werden darf, so stellt die sog. Erdrinde einen Leiter der Elektrizität dar, der in jedem andern auf der Erde befindlichen oder in dieselbe hinabreichenden, mehr oder weniger in sich geschlossenen Leiter, mithin in allen auf ihr lebenden Thieren u. Menschen, so wie in den in die Erde hinabreichenden Pflanzen, ebenso aber auch in den, den Erdtiefen entsteigenden Quellen fortdauernd einen elektrischen Gegenstrom erregt." Man vergleiche über Kastner's Versuche dessen Arch. II, 236, VI, 248, besonders XVI, 479, XXIII, 267, XXVI, 168.

§. 2. Verhalten der Wässer zum Lichte.

Caeruleos habet unda Deos. Ovid.

Das W. hat ein von den Physikern in bestimmter Zahl ausgedrücktes Vermögen, den Lichtstrahl von seiner Einfallslinie abzulenken u. die Elemente desselben als verschiedene Farben zu zerstreuen. Dieses Vermögen ist verschieden stark, je nachdem das Licht vom leeren Raum, aus

der Atmosphäre, aus Kohlensäure oder aus Glas zur Oberfläche des W. gelangt u. selbst nach der Temperatur des W.; vorzüglich wird das Lichtzerstreuungsvermögen des W. geändert durch die vom W. gelösten Salze u. Gase. Wenn Leidenfrost (De aquae qual.; 1756) sagt: »Non omnis aqua sub eodem angulo lucem frangit, sed videtur aliqua in aquis diversitas esse«, so hat er also Recht; nur fehlen uns genauere Beobachtungen, diesen Satz mit Beispielen zu unterstützen. Es ist aber doch von Salzwässern, namentlich von der Oeynhauser Soole, bemerkt worden, dass darin eingetauchte Körper mit stärker veränderten Formen u. mit einem Farbenrand umgeben erscheinen. Bei salzarmen Wässern ist eine solche Beobachtung nicht gemacht worden. *Werneck konnte sich z. B. von der angeblichen aussergewöhnlichen lichtbrechenden Kraft des Gasteiner W. nicht überzeugen, wie auch Desberger u. Alexander die Linien des Spektrums, welche ein mit diesem W. gefülltes Prisma bildete, grade an den Stellen fanden, wo sie auch, als das Prisma mit destillirtem W. gefüllt war, gebildet wurden.

Wie oft vergleichen die Dichter nicht die Quellen mit dem Glase u. mit Krystall. »Est nitidus, vitroque magis perlucidus omne, Fons sacer« sagt Ovid, mit grösserem Rechte als an anderer Stelle: »Videt hic stagnum lucentis ad imum Usque solum lymphae« denn stagnirende W. sind nur selten von grosser Durchsichtigkeit, weil sie bei einer grossen Oberfläche viel Staub aufnehmen.

Fast alle M.W. zeichnen sich durch einen hohen Grad von Reinheit u. Durchsichtigkeit aus. Selten hat man darum den Versuch gemacht, die Durchsichtigkeit der Wässer zu messen.

Bei derartigen Versuchen legte Kastner die Durchsichtigkeit einer Lösung von 15 Gran Weizenstärke in 1000 Gran W. als Einheit u. die des reinsten destillirten W. als 1000 zu Grunde. Dann zeigten ihm folgende W. die neben bezeichnete Durchsichtigkeit: Schlangenbad 992—999, Ems 975—989, Kissingen 805. Ein Anderer bestimmte die Klarheit des Sool-W. von Iwonicz zu 720—740. W., die viel CO^2 schaumartig entwickeln, sind während dieser Entwicklung undurchsichtig weiss.

Die natürlichen Gewässer haben eine sehr verschiedene Farbe. Aristoteles machte die Bemerkung, dass die Maler das Meer blau, einen See weiss, die Flüsse bleich darstellen u. sucht dieses abweichende Ansehen der Gewässer durch die Brechungs-Verschiedenheit der Lichtstrahlen im W. u. in der Luft zu erklären. Doch weder dem Meere, noch den See'n u. Flüssen, noch den Quellen kommt ein beständiger, jeder Gattung von W. eigenthümlicher Teint zu, sondern jede Art von Gewässer kann mannigfaltige Färbungen zeigen. Dennoch ist das W. im reinsten Zustande immer bläulich. Sieht man nämlich durch eine 6' lange u. bis auf einen kleinen Theil des untern verschlossenen Endes innen geschwärzte Glasröhre, worin chemisch reines W. ist, weisse, hineingeworfene Porcellanstücke, so erscheinen diese blau. Ebenso ist das höchst durchsichtige Gletschereis deutlich blau u. dessen weite Spalten sind vom hellsten bis zum dunkelsten Blau colorirt. »Caerulea glacies« heisst es darum bei Virgil. Die wolkenfreie Atmosphäre erscheint wohl nur vom Wasserdunste blau. Die dem reinen W. eigene Bläue erklärt die gleiche Färbung vieler natürlichen Wässer.

Wenn schon im Experimente von Bunsen eine W.-Schicht von 6′ genügt, ein reines Blau zu erzeugen, so muss doch offenbar eine grosse Tiefe des W. der Erscheinung günstig sein. Darum sagt schon Diodor vom Averner Thermalsee, sein sehr reines W. habe eine blaue Farbe wegen der ungeheuern Tiefe: *φαίνεται τῇ χρόᾳ κύανεον διὰ τὴν ὑπερβολὴν τοῦ βάθους* (IV, 22). Die Tiefe des im höchsten Grade durchsichtigen W. ist die Ursache des Schauspiels, welches die blaue Grotte im Busen von Neapel darbietet. Das Meer hat dort eine so merkwürdige Klarheit, dass man selbst die kleinsten Gegenstände in einer Tiefe von mehr als 100′ bemerken kann. Das ganze Licht, welches in die Grotte fällt, muss, da ihr Eingang in einem steilen Felsen mehrere Fuss über dem Niveau des Meeres liegt u. erst an der Oberfläche desselben sich öffnet, die ganze Tiefe des Meeres durchdringen, wahrscheinlich mehrere hundert Fuss, bevor es von dem klaren Grunde her in die Grotte reflektirt werden kann. Daher bekommt das Licht durch die ungeheure W.-Schicht, durch welche es geht, eine so dunkelblaue Färbung, dass die finstern Wände der Höhle von dem Scheine des reinsten Blaus erhellt werden u. dass die Gegenstände, von welcher natürlichen Farbe sie auch immer sein mögen, wie mit einem klaren Blau gefärbt zu sein scheinen, als ob sie auf der Oberfläche des W. lägen.

Das Meer zeigt die blaue Farbe zuweilen im hohen Grade. Als ultramarinblau werden die Polarmeere geschildert u. mit lebhaftem Azur wird die Farbe der Wogen des atlantischen Ozeans in den Aequinoctialregionen geschildert. Die Gewässer des mittelländischen u. adriatischen Meeres sind oft indigoblau. Wie häufig kommt nicht bei den Alten »mare caeruleum, caerulei oculi Neptuni, caeruleus deus« u. dgl. vor!

Bei der Beschreibung einer lauen Salzqu. in Sonora (westl. Nord-Amerika), die ein Becken von 40′ Durchmesser hat, sagt A. Schott (Ausland 1862): »Das W. ist krystallhell u. spiegelt etwas milchblau (?), was der Sonorier mit dem Namen aqua zarca belegt. Die ganze Erscheinung dieser Qu. erinnert mich lebhaft an ähnliche Beckenquellen im schwäbischen Jura, z. B. der Blautopf, der Ursprung der Brenz, oder wie im Banater Steinkohlenkalk die Quellen der Bäche von Illadia oder Tschiklowa. In verwandten Kalksteinbildungen Serbiens begegnete ich gleichfalls ähnlichen Quellen.« Der Verf. erwähnt noch mehrere bläulich spiegelnde Qu. in Sonora, worunter auch wieder eine salinische u. eine Beckenquelle.

Von einem gewaltigen kochenden Sprudel auf Neu-Seeland, der in einem, bei 80′ langen und 60′ breiten, bis an den Rand gefüllten Kessel mit steilen, etwa 30—40′ hohen, roth zersetzten, thonigen Wänden liegt, sagt Hochstetter, dass sein klares W. in dem schneeweiss übersinterten Becken wunderschön blau erscheine, türkisblau oder wie das Blau mancher Edelopale u. dass die Dampfwolken das schöne Blau des Beckens reflectiren. Die Weisse des Bodens lässt das Blau des W. leichter als unter andern Umständen bemerken.

»Als die schönen weissen Porzellanbäder mit dem Gasteiner Heilwasser gefüllt wurden, da entzückte Alle das herrliche reine Blau derselben u. man meinte, die Leibfarbe unserer Nymphe sei die blaue. Ich liess zum Vergleich der Farbenabstufung das nebenliegende ganz gleich

weisse Porzellan-Bassin mit Brunnen-W. füllen — nachdem das Heilwasser durch einige Spätherbsttage auf den Grad des Gasteiner Brunnen-W. herabgekühlt wurde (abgekühlt worden Ref.) — auch das Brunnen-W. nahm sich schön blau aus u. man musste die beiden W.-Flächen wiederholt miteinander vergleichen, bis man einen ziemlich deutlichen Unterschied entdecken konnte; das Heilwasser erschien mehr saphyrblau, das Brunnen-W. mehr grünlichblau (bläulicher Smaragd).« *) (Pröll Gast. 1862.)

Warum manche W. nicht blau erscheinen, ist freilich nicht immer zu sagen. Berzelius konnte bei den See'n in Schweden (Wetternsee, See'n von Dalarne) nicht den geringsten Schein von Blau bemerken. (Jahresber. 1830.)

Eine Qu. von Ax ist etwas trübe u. bläulich, ähnlich einer Lösung von schwefels. Chinin. Dispan hält diese Erscheinung für eine optische Täuschung, Magne-Lahens dagegen glaubt, sie hinge ab von höchst feinen suspendirten Schiefertheilchen, was dadurch wahrscheinlich wird, dass am Boden des Reservoirs der Schiefer sich als eine bläuliche Erde abgelagert findet u. dass auch in einer Qu. Spaniens dieselbe Ursache eine bläuliche Färbung veranlassen soll. Nach Fontan ist hier aber präcipitirter Schwefel mit im Spiele, was man nicht ganz abstreiten kann, da Schwefel unter gewissen Umständen eine blaue Farbe zeigt. Es bedarf aber derartiger Erklärungen nicht mehr, seitdem man weiss, dass das W. an u. für sich blau ist.

Das W. der Ostsee ist durchweg blaugrün; doch ist der Reflex des Himmels nicht ohne Einfluss. Wittstein bemerkt, dass er die Farbe an heitern Tagen stets blaugrün, aber früh Morgens u. gegen Abend lasurblau, u. wenn dunkle Wolken den Himmel bedeckten, graublau bis fast schwarz fand. Aehnliches fand er am Starnberger See, der blaugrün, hellgrün oder fast stahlblau erscheinen kann. **) Auch vielen süssen Wässern ist die blaugrüne Farbe in hohem Grade eigen. »Die blaugrünen Gewässer, wie die der bayerischen Alpen, finden wir in Kalksteingebirgen, u. wenn sie nicht rundum abgeschlossen sind, wie die See'n, sondern einen weitern Verlauf nehmen, wie die Flüsse, so behalten sie, falls das Terrain vorherrschend kalkig bleibt, auch ihre ursprüngliche Farbe bei.« (Wittstein.) Der Rhein ist an seinem Ursprunge blaugrün; auch das harte W. der Werra ist blaugrün, während

---

*) Trotz der obigen Versuche sagt Pröll von den im Gasteiner W. Badenden: „Längs den Rändern der Extremität ziehen sich bei hellem Wetter blaue u. auf der entgegengesetzten Seite gelbe Linien, also die prismatischen Farben u. der ganze Körper des Badenden erscheint auffallend bläulich — weiss, wie Alabaster, wie Leichenfarbe oder wie ein Körper bei Beleuchtung mit Spiritusflamme. in einigen Fällen, wie bei stark gebräunter Hautfarbe, erschien durch die Farbenmischung der eingetauchte Theil des Körpers so abstechend weiss gegen den ausserhalb des W. gebliebenen, dass man meinte, der eingetauchte Theil sei weiss bekleidet."

In andern Fällen ist es die Weisse des Badekleides, welche die Bläue des W. bemerklich werden lässt. Vom Landecker W., dessen Salzgehalt nur 1,75 Z.T. beträgt, heisst es: „Das W. ist u. bleibt stets sehr klar, spielt ins Meergrüne, u. bei einem auf die Oberfläche des Wasserspiegels fallenden Sonnenstrahl wird ein bläuliches Schillern stets bemerkbar, selbst an den Fingerspitzen der Badenden, u. an dem Saum des (weissen) Badekleides bildet sich unter einem Winkel von 45° ein schöner halbrunder Saum, der durch die Brechung des Lichtes im W. erzeugt wird." (Jahrb. f. Deutschl. Heilqu. 1836.)

**) Es kann also auch die Bemerkung von Athenäus (I, 17) richtig sein, dass das sehr leichte W. des Borysthenes zu gewissen Zeiten veilchenblau (ἰοβαφῆς) sei. Veilchenartig ist Beiwort des Meeres bei Homer, so wie einer Qu. bei Hesiod.

das weiche W. der sich mit ihr vereinigenden Fulda schmutziggelb ist. Ebenso ist das harte W. der Inn hell blaugrün. Das blaugrüne W. der Isar ist wieder kalkreich, ebenso das mit gleicher Färbung begabte Brunnenthaler Quell-W. bei München. Die von Wittstein untersuchten blaugrünen W. enthielten nichts Grünes, sondern nach ihm erhalten sie ihre Farbe durch die Vermischung der gelblichen oder bräunlichen Humussäure mit dem ursprünglichen Blau. *) Je mehr Humussäure im W. ist, desto mehr geht die Farbe in Gelbgrün u. Grün, endlich in Gelb u. Braun über. Dieser Ansicht von Wittstein scheint nicht zu entsprechen, dass das Gletscher-Wasser der Schweiz schon bei wenigen Fuss Tiefe ganz deutlich eine blaugrüne Schattirung wahrnehmen lässt, wie Berzelius bemerkt, u. dass die Geyser in Island grün erscheinen. Wohl aber passt es zu der Ansicht von Wittstein, dass das Landecker W., worin Fischer einen intensiv gelb färbenden Stoff gefunden hat, ins Meergrüne spielt. Schon Humphry Davy sagt, dass, wenn in der Schweiz die Farbe eines See's aus Blau in Grün übergehe, dessen W. mit Pflanzensubstanzen erfüllt sei. Das Meer in der Nachbarschaft von Prince of Wales' Island zeigt eine grüne Farbe u. ein schlammiges Ansehn, bei Nacht aber eine so ausgezeichnete Phosphorescenz, dass man ein Boot in der Entfernung von mehreren englischen Seemeilen an dem fackelnden Lichte erkennen kann, welches durch seine Bewegung hervorgerufen wird. (*Schweigger's Journ. XXII, 1828.) Die in der Nacht sich durch ihr Licht offenbarenden Organismen verursachen zur Tageszeit wohl die Abänderung der ursprünglichen W.-Farbe in Grün. Eine ähnliche Farbenmischung geht in den grünen Zonen der Polarregionen vor sich, worin sich Myriaden gelblicher Medusen aufhalten.

Die grünliche Färbung entsteht oft nur durch die Vermischung der bläulichen des W. mit dem Reflex von Gelb oder Roth. Man erklärt sich eben dadurch die hellgrüne Färbung, welche sich in den See'n der Schweiz u. noch stärker in den Steineichen-Quellen Islands zeigt; durch die Vermischung mit der gelben Farbe des Eisenoxyds, das sich in den Wänden des Beckens dieser Qu. befindet, entsteht ein ähnliches Grün, wie in jenen See'n durch den Reflex des Lichtes auf einem gelben Boden. In der grünen Grotte von Capri reflektirt das Licht von dem gelblichen Kalkstein; das W. ist von sehr geringer Tiefe, aber von derselben Beschaffenheit, wie in der viel tiefern blauen Grotte, wo die Bläue des W. den Lichtreflex vom Boden verschwinden macht. Die Bläue des Meeres fehlt überhaupt an untiefen Stellen.

Nach der Beobachtung von Reuss soll das Marienbader Sauer-W., welches frisch geschöpft klar ist, nach den verschiedenen Jahreszeiten eine bald gelblichbraune, bald meergrüne Farbe annehmen; jene erklärt sich ebenso, wie diese, durch Ausscheidung von Eisenoxyd.

Grünlich sind nicht selten die Schwefelqu., besonders dann, wenn sie an der Luft gestanden u. sich die gelbliche Farbe des ausgeschiedenen Schwefels mit dem Blau des W. mischt. In den Versen von Claudian:

*) Der Ausspruch von Athenäus (*Ποιεῖ δὲ τὸ γεῶδες καὶ τὰς ’επιχροὰς τῶν ὑδάτων*) ist darum nur in dieser Hinsicht wahr, dass erdige W. öfter als andere grünlich sind, insofern man Kalk u. Humus Erde nennt.

Turbidus impulsu venti cum spargitur aër
Glaucaque fumifera terga serenat aquae,
Tunc omnem liquidi vallem mirabere fundi —

sind die gewöhnlichen Bedingnisse dieses grünlichen Schimmers, Luft u. grosse Durchsichtigkeit, genannt. Gewiss mit Unrecht übersetzt man hier bläulich statt grünlich, ein Fehler, worin auch Bacci verfällt, wenn er schreibt: »Glaucam, quae est subcoerulea, tradidit Pausanias esse aquam in Thermopylis, ... lavacro quod accolae mulieres chytros (Töpfe) appellant.« Eine Schwefelqu. zu Cadéac kommt mit einem gelbgrünlichen Teint zum Vorschein.

Mit Ausnahme weniger Stoffe (namentlich Polysulfüre, Eisenoxydul-Sulfat, Kupfersalze) pflegen die gelösten gewöhnlichen unorganischen Quellbestandtheile das W. nicht zu färben.

Viele W. sind aber durch einen Gehalt an organischen Substanzen, namentlich Humusstoffen, gelblich oder selbst bräunlich, braun, ja schwarzbraun gefärbt. *)

In den meisten Höhlen der Eifel u. Auvergne erscheinen die Gewässer schwärzlich, weil die finsteren vulkanischen Felsen den Reflex des einfallenden Lichtes einschränken.

Schon die Alten beachteten die abweichende, bläuliche, röthliche, schwärzliche Färbung der Flüsse Griechenlands. (Pausan. II, c. 35.) Doch bleibt sich die poetische Licenz hier nicht consequent; Flavus cognomine Tybris wechselt bei Virgil mit coeruleus Tybris, Nar albus bei Virgil, wechselt mit coeruleus bei Tibull u. dieser Fluss heisst jetzt sogar Nera, obwohl er eben so wenig schwarzes W. führt, wie der Niger oder die schwarze Elster. Doch kann jedes dieser Adjective dem zeitweiligen Zustande des Wassers entsprechen. Schwarze Flüsse finden sich, oft nahe bei andern mit heller Farbe. in Südamerika vom 5° N.Br. bis jenseits des Aequators gegen 2° S.Br.. Die dunkle Farbe durch aufgelösten Extraktivstoff zu erklären, dazu soll hier jedoch kein Grund sein. (Humboldt Reisen IV, 167, 169, 203.) Im obern Theile des Orinoko-Gebietes trifft man die seltsame Erscheinung sehr dunkel gefärbten Wassers. Jenes des Athabaco, Tuni, Tuamani u. Guainia ist kaffeebraun u. unter dem Schatten der Palmen ganz schwarz; weder Fische noch Krokodile leben darin. In den sumpfigen Gegenden des nördlichen Deutschlands ist die Farbe der Teiche schwarz von Dammerde. Die Gewässer des baierischen Waldes zeichnen sich durch ihre schwarzbraune Farbe aus. (Hydro-Chemie 487.) Es ist diese Farbe von einem Gehalt an organischen Stoffen abhängig. Das braune W. der Ohe hatte nach Wittstein 1,15 Z.T. organischer Substanz; doch kann ein nur blassgelbes W. davon noch mehr haben. Ueberhaupt sind nach ihm die Farben der natürlichen W. meist abzuleiten von aufgelöster organischer Materie (Humussäuren), die in Masse tiefbraunschwarz, in verdünnter Lösung gelb bis braun ist. Das W. wird durch sie zunächst grün, endlich gelb oder braun. Ihre Auflösung hängt von der Menge des vorhandenen Alkalis ab. Die W., welche am wenigsten

*) Eine gelbliche Färbung zeichnete wohl eine Qu. in Spanien aus, wovon Plinius sagt: „In Carrinensi Hispaniae agro fons aurei coloris omnes ostendit pisces, nihil extra illam aquam caeteris differentes.“ (H. N. II, c. 103.)

Alkali enthalten, sind am meisten blau, u. je brauner ein W. ist, um so reicher pflegt es daran zu sein. (Vierteljahrsschr. X, 342—365. Ueber die Farbe des W.)

Die violette Farbe des W. der Natronsee'n rührt nach Lassaigne von ulminsäureartiger Substanz her. (Vgl. S. 9, Anm. 2.)

Eine wasserarme Qu. zu Visk, ein Sauer-W. mit Eisen u. *HS* u. einer Spur Steinöl, ist weisslich u. bedeckt sich mit einem veilchenblauen Häutchen. Vgl. über blaue Farbstoffe: Hydro-Chem. 517 u. 527.

Unfern des Cap Palmas an der Küste von Guinea, schien das Schiff des Kapitän Tucky in einer Milch zu schwimmen; es waren hier Massen von Thierchen, welche die Farbe des W. verursachten. Wahrscheinlich sind die ungeheueren Bäche der Eisberge Islands, welche der Reisende in jenen verlassenen Gegenden passiren muss, so undurchsichtig u. milchweiss nur in Folge der Zermalmung der gewaltigen Felsstücke zu einem weissen Staube durch die grossen Massen der niederfahrenden Gletscher.

Die verschiedenen Färbungen einiger W., die dann bei Quellen nur vorübergehend zu sein pflegen, hängen oft von fremdartigen Theilchen ab, welche das W. mit sich führt, oder welche sich aus ihm ausscheiden oder die als organische Bildungen darin vorkommen. Weissliche Färbungen können z. B. von abgeschiedener Magnesia, von Schwefel, Thon, Sinter etc. herrühren. (Vgl. Hydro-Chemie.) Bläuliche, gelbliche, grünliche Färbungen können dem in verschiedenen Zuständen befindlichen Schwefel zugeschrieben werden; die röthliche kommt meistens von suspendirtem oder durchscheinendem Eisenocker her. Vorzüglich machte ehemals die rothe Färbung der Gewässer Aufsehen. (Vgl. über blutrothe W. das Pharm. Centralbl. 1839.) Nach *Simon. Majol. colloq. XIII floss zu Toulouse eine Qu. einen ganzen Tag blutroth. Ueber rothe mikroskopische Quell-Organismen s. Hydro-Chemie.

Die rothe Färbung, welche man häufig in dem chinesischen Meere sieht, rührt nach Dareste von derselben Alge her, die Ehrenberg auch im rothen Meere gefunden hat, nämlich Trichodesmium erythraeum. Ob die gelbe Farbe des Meerwassers, die man dort ebenfalls beobachtet u. von der das gelbe Meer seinen Namen hat, in derselben Alge seinen Grund hat, ist nicht durch Beobachtung entschieden. In der Bai von Loange erscheint das W. vom rothen Meeresboden so, als ob es mit Blut gefärbt wäre.

Die Analyse einer gefärbten Qu. zu Douai s. in Mém. de l'Ac. roy. des scienc., sav. étrang. IV.

Zufällige Verunreinigungen können einem W. jede mögliche Farbe ertheilen. Das W. von Newcastle am Tyne, wo die Fabriken ungeheuere Mengen Steinkohlen verbrauchen, ist ganz mit niedergeschlagenem Russ vermischt; es sieht aus, als ob ein Tuschpinsel darin ausgespült wäre. (Gartenlaube 1861.)

So ist also die Farbe des W. vielen Zufälligkeiten ausgesetzt, wie dies auch der gelehrte Baccius treffend bemerkt:

»Valet perexigua res mutare aquae apparentiam ... Quinetiam lumina ac umbrae circumstantes, vario prospectu oculi, aliter in opacis, aliter in apricis locis videntur colorare aquas. Pariter et latitudo alvei, profunditasque

intendens aucta grossitie exiles aquarum colores .... Ex quo intelligitur quod etsi iudicium a colore de aquarum natura infirmissimum sit, est tamen de impuritate eius aquae iudicium certissimum.«

§. 3. Wärme der Wässer.

> Atque aquae etiam admixtum esse calorem primum ipse liquor aquae declarat et effusio, quae neque conglaciaret frigoribus, neque nive pruinaque concresceret, nisi eadem se admixto calore liquefacta et dilapsa diffunderet. Cic. (de nat. deor. II, 10.)

Physikalische Vorbemerkungen.
In dieser Schrift ist bei den Temperatur-Angaben überall das hundertheilige Thermometer von Celsius gemeint, wenn nicht R (Réaumur) oder F (Fahrenheit) zugesetzt ist. Man verwandelt dessen Grade in Réaumur'sche, indem man $^1/_5$ davon abzieht, in Fahrenheit'sche, wenn man ihnen ihren Betrag in Réaumur'schen Graden + 32 zuzählt. Fahrenheits Grade verwandelt man am leichtesten in Celsius' Grade, indem man von ihrer Hälfte 16 abzieht u. den Rest mit 1,111 multiplicirt.

Volumen des W. bei verschiedener Temperatur nach Kopp.

0°	1 Vol.	40°	1,007531
4°	0,999877	50°	1,011766
8°	0,999986	60°	1,016590
12°	1,000314	70°	1,022246
16°	1,000846	80°	1,028581
20°	1,001567	90°	1,035397
24°	1,002465	100°	1,042986.
30°	1,004064		

Das W. hat nahe bei 4° seine grösste Dichtigkeit. Ein solches Maximum der Dichtigkeit oberhalb des Gefrierpunktes findet bei einigermassen gesalzenem W. nicht mehr statt.

Gefrieren des Wassers. Salzloses W. gefriert bei 0°; salzhaltiges mehr oder weniger unter dem Nullpunkt. Beim Gefrieren scheiden sich die Gase u. die Salze aus dem W. aus. Cf. Hydro-Chemie *)

Die Messung der Wärme einer Qu. setzt ein genaues Thermometer voraus. **) Es gehört aber dazu auch eine richtige Handhabung desselben. Wo möglich

---

*) Wir glauben es dem Verf. einer neuern Monographie über Gastein sehr gern, dass dieses Thermal-W. u. das aus seinen Dämpfen condensirte W. dieselben Krystalle, wie gewöhnliches W. nach seinen Beobachtungen beim Gefrieren bilde. Eine derartige „Specifizität der Eisprismen“ wird wohl allen natürlichen Wässern zukommen.

**) Selbst von renommirten Handlungen verfertigte Instrumente differiren oft um mehrere Zehntel Grade, besonders bei den Angaben, die in der Mitte der Skale liegen. Es gehört eine eigene Prüfung dazu, um sagen zu können, dass ein Instrument richtig sei. Bei einer solchen Prüfung ist es nicht blos nöthig zu sehen, dass der Nullpunkt u. der auf den mittleren Barometerstand am Meere bezogene Siedpunkt richtig seien, sondern auch, dass die Capacität der Röhre überall gleich sei. Nicht selten sind, auch bei bessern Thermometern, die Röhren stellenweise ungleich. Man sieht dies leicht bei einigen Instrumenten, bei denen sich zuweilen ein Theil der Quecksilbersäule abtrennen lässt, die man dann die Röhre hinauf- u. hinunterlaufen lassen kann.

hält man die Kugel in die Qu. dort, wo man ihre Wärme messen will *) u. liest die Anzeige ab, wenn die Quecksilbersäule sich nicht mehr verändert. Wenn man dies nicht kann, wie bei tiefen Qu., versenkt man das träge gemachte Thermometer bis zu der Stelle, wo die Wärme gemessen werden soll u. zieht es, wenn es lange genug dort verweilt hat, zum Ablesen hervor. Um das Thermometer träge zu machen, damit es seinen Stand, den es an der tiefen Stelle zeigte, beim Hervorziehen nicht verändere, ehe abgelesen worden, bedient man sich folgender Vorrichtung. Ein cylindrisches Blech-Gefäss von etwa 10 Centim. Durchmesser u. 14 C. Höhe umgibt das Thermometer so, dass die Kugel in der Mitte desselben zu stehen kommt. Das Gefäss ist nicht blos unten, sondern auch so weit als möglich oben geschlossen; der obere Verschluss lässt nur eine so grosse Oeffnung, als der Umfang der Kugel u. der Röhre des Thermometers gestattet. Die Röhre wird an einen vom Instrumente ausgehenden concaven Blechstreifen befestigt. An den Blechstreifen ist eine Oese, um die Kordel zu befestigen, womit man es in den Brunnen hinunterlässt u. wieder hervorzieht. Das Gefäss hat oben noch eine, durch einen Stopfen, woran ein Faden befestigt ist, verschliessbare Oeffnung. Der Stopfen wird erst dann abgezogen, wenn das Gefäss hinuntergelassen worden ist. Damit das Gefäss hinlänglich die Temperatur des zu prüfenden Wassers annehme, muss dem gültigen Versuche ein vorläufiger vorhergehen. Um es mit Luft gefüllt hinunterlassen zu können, muss es am untern Ende durch ein anhängendes Gewicht beschwert sein, wenn man nicht vorzieht, es mit einer Latte, woran es befestigt ist, abwärts zu bewegen —

Ein Brunnen umschliesst nicht selten Quellzuflüsse, die verschieden warm sind. Aber selbst, wenn nur W. von Einer Temperatur eintritt, ist es oft durch Mittheilung von Wärme oder Kälte an die Brunnenwände, durch Ausstrahlung u. Verdunstung, durch Besonnung oder Einfluss der Luft, an verschiedenen Stellen ungleich warm. Selbst in kleinen Quellbecken kann man Differenzen von ein paar Graden antreffen, je nach dem Orte, wo man die Thermometerkugel hält. Man muss zur Bestimmung der Wärme diejenige Stelle wählen, wo das W. noch am wenigsten den genannten Einflüssen ausgesetzt gewesen ist. Momentan scheint oft die Wärme sich durch das Aufsteigen der Gase zu ändern. Die Kälte der Sauerwässer fand ich in dem Zeitpunkte für die Hand am empfindlichsten, wenn das W. durch die Gasblasen bewegt wurde; hier beruht dies aber wohl nur auf einem Gefühlseindrucke, den die schnellere Erneuerung des mit der Hand in Berührung stehenden Wassers hervorbringt.

Dass ein kleineres Quellbecken Wässer von so sehr verschiedener Wärme umschliesse, wie in der nachfolgenden Bemerkung von *Kircher (Chin. monum. 1667) beobachtet worden sein soll, ist sehr zweifelhaft; man hat dabei zu beachten, dass man damals die Wärmegrade nur dem Gefühle nach messen konnte u. dass auf den Eindruck der Kälte u. der Kohlensäure ein physiologisches Wärmegefühl entsteht. „Est in provincia Honan fons, cuius extima aquarum superficies cum frigidissima sit, si tamen paulo profundius manum immerseris, calidam ferventemque aquam sis reperturus,.... certe plures huiusmodi me in Italia vidisse memini, et potissimum in Lacu Albunaeo Tyburtinae urbe vicino, in cuius superficie aqua perpetuo friget, profundior vero contra semper fervet.“ Von dem hier erwähnten See, dem See bei Tivoli, dessen Wärme *Mantell in verschiedenen Monaten zu 26°7 bestimmte, sagt Bacci: „Admirabilis vero caloris temperaturae .... exterius aquae frigidae sunt, mox ingredientibus mirifice calidae sentiuntur, et quo magis subsident, magis calidae. Quam rem omnes auctores notant, ac verisimile fit quod scribit Vitruvius VIII. libro, has aquas intime calidissimas esse, non pervenire tamen calorem ad summam superficiem ob altitudinem ac copiam aquarum, nisi limpidissimis bullis elaboratissimisque a natura spiritibus igneis, in quibus continetur omnis virtus istarum aquarum.“ Grösstentheils beruht diese Ansicht von der grossen Wärme der tiefern Wasserschichten wohl auf dem Wärmegefühl, welches kohlensäurereiche Wässer erregen; es soll aber auch noch heute stellenweise das W. des See's den darin Badenden heiss vorkommen.

*) Bei Thermen kann schon ein merklicher Unterschied daher kommen, dass die Röhre des Thermometers mehr oder weniger der Wärme ausgesetzt wird.

§. 4. Wärme-Capacität, Eigenwärme, Erkaltungsgeschwindigkeit.

Nicht alle Stoffe werden durch dieselbe Menge verbrauchten Heizmaterials eben warm u. sie bringen, wenn sie einem andern Stoffe gleichviel Wärme entnommen haben, eine verschiedene Ausdehnung des Quecksilbers hervor, welches sie berührt. Das hängt von einer verschiedenen Fähigkeit der Stoffe, Wärme aufzunehmen, ab. Bei völliger Ausgleichung der Wärme, wo kein Uebergang von einem Körper zum andern stattfindet, ist daher mehr Wärme in den einen wie in den andern eingegangen; jener ist in der That wärmereicher als dieser, obschon ihre Wärme im Gleichgewicht steht; einen neuhinzutretenden dritten kalten Körper bringt jener aber mit einem scheinbar geringern Verluste an eigener Wärme auf denselben Grad als der zweite. Die Erwärmungsfähigkeit eines Körpers, verglichen mit der des W., heisst Wärme-Capacität u. die Verhältnisszahl seiner Wärme-Capacität spezifische Wärme. Fast kein Körper kommt dem W. an Wärme-Capacität gleich, d. h. keiner verliert weniger Wärmegrade bei der Uebertragung derselben Wärmemenge an einen dritten. Die Verhältnisse der Wärme-Capacität des W. zu derjenigen der andern Stoffe, durch Versuche in Zahlen festgesetzt, bleiben sich im Allgemeinen wohl immer gleich, jedoch ändert sich in etwa die Wärme-Capacität der Körper mit der Aenderung der Ausdehnung u. mit der Aenderung der Cohäsionsform. Eis hat z. B. eine viel geringere Capacität als W., Wasserdampf nur 0,847 von der des Wassers. Setzt man die Wärmemenge, welche ein Gewicht W. nöthig hat, um auf einen bestimmten Temperaturgrad zu gelangen, als 100 an, so hat ein gleiches Gewicht Schwefel nur 20, Chlornatrium nur 20 (oder nach Rudberg 17,45), Bittersalz 29,05 (wasserfreies 10,11), Eisen 11, Quecksilber $3^1/_3$ nöthig, um denselben Grad anzugeben. Die Gase haben bei gleichem Gewichte auch eine geringere Wärme-Capacität als W., atmosphärische Luft 26,7, *O* 23,6, *N* 27,5, CO^2 42,1; nur der so leichte Wasserstoff bedarf $3^3/_{10}$mal mehr Wärme als ein gleiches, 11230mal an Volumen kleineres Gewicht W. zu derselben Erwärmung. Die spezifische Wärme der CO^2 ist nach anderer Angabe 21,64 (W. = 100). Um 1 Kilogr. W. einen Grad zu erwärmen, ist so viel Wärme nöthig, als um 4,621 Kilogr. CO^2 ebenviel zu erwärmen u. der Wärmeunterschied von 1° bedeutet beim W. 2343mal so viel als bei einem gleichen Volumen CO^2. Man ersieht daraus, dass die CO^2 ungeheuer heiss u. von sehr grosser Expansivkraft sein müsste, um ein gleiches Gewicht W. nur um 1° zu erwärmen, wogegen W., wodurch die CO^2 hindurchgeht, diese sehr leicht so abkühlt, dass man von der ursprünglichen Wärme der CO^2 nichts mehr merkt. Sumpfgas hat eine spezifische Wärme von 59,29; also nur 1,68mal weniger wie ein gleiches Gewicht Wasser.

Die Eigenwärme oder spezifische Wärme einer Salzlösung ist kleiner als die eines gleichen Gewichtes W.; so hat z. B., wenn die spez. Wärme des W. = 100 gesetzt wird, eine wässerige Lösung von

Bittersalz,	1 zu 2	W.,	84,4 spez. Wärme,	Kirwan,
Glaubersalz,	1 » 2,9	» ,	72,8	»
Alaun,	1 » 4,45	» ,	64,9	»
Kochsalz,	1 » 8	» ,	83,2	»
Salpeter,	12,6 » 100	» ,	89,	?
» ,	6,3 » 100	» ,	93,7	?
eine Soole von	1,12 sp. Gew.		84,37	Bischoff,
» » »	1,197 » »		78,	Dalton.

Freilich könnte aber vielleicht doch ein gleiches Volumen einer Salzlösung eine grössere spez. Wärme als ein gleiches Vol. W. haben; dass dies aber nicht immer der Fall ist, zeigt sich an den zwei letztgenannten Beispielen, wenn man die Zahl der spez. Wärme mit der des spez. Gewichts multiplicirt.

Die spez. Wärme einer Salzlösung lässt sich auch nicht genau aus den spezifischen Wärmen der Bestandtheile ausrechnen. So sollte eine Lösung von 1460 Th. Kochsalz auf 10000 Th. W. dieser Rechnung nach eine spez. Wärme von 90 haben; in der That zeigt sie aber nur eine solche von 86,7 (Andrews).

Kastner hat versucht, die Eigenwärme mehrerer Mineralwässer zu bestimmen. Er fand z. B.

Quelle	Eigenwärme (W. — 100)	Eigengewicht (W. — 1000)	Gehalt an Salzen in 10000
Wiesbadener Kochbrunn	100,47	1006,8	74,7
» Adlerqu.	100,46	1006,6	72,6
» Schützenhof	100,35	1005,4	58,1
Schlangenbad	100,24	1000,5	8,1
Ems, Kesselbrunn	100,44	1003,1	26,7
» Krähnchen	100,39	1003,2	24,1
» Bubenqu.	100,45	1003,1	Etwa wie beim Kesselbrunn.
» Armenbad	100,44	1003,1	
» Pferdebad	100,48	1003,	

Da die Untersuchungen von Kastner noch vereinzelt dastehen, muss man ihren Werth dahingestellt sein lassen.

Bohn (1860) fand die spez. Wärme des Gasteiner, fast salzlosen W. nicht merklich von der des reinen W. verschieden. *)

Schon im Alterthum finden wir von gewissen M.W. den Glauben verbreitet, dass ihre Wärme haltbarer sei, länger der Abkühlung widerstehe, als Wärme eines gewöhnlichen Wassers. „Cranone (Xeres) est fons calidus citra summum fervorem, qui in vinum additus triduo calorem potionis custodit in vasis. Sunt et Mattiaci in Germania fontes calidi trans Rhenum, quorum haustus triduo fervet." (Plinius.) Man ist fast versucht, die erste Hälfte dieser Notiz (die sich auch bei *Athenäus findet) auf Ceylon zu beziehen; denn *Diodor (II, 57) soll wahrscheinlich von dieser Insel sprechen, wenn er ausser vielen andern wunderbaren Sachen von einem Eiland im südlichen Ozean berichtet: „Ferner gibt es ergiebige W.-Quellen, theils warm, die zu Bädern dienlich sind u. die Ermüdung heben, theils kalte, ganz süsse, ebenfalls heilkräftige..... Die warmen Qu. haben süsses u. gesundes W., das die Wärme hält u. nie erkaltet, wenn man nicht kaltes W. oder Wein zugiesst." Der einfachste Versuch mit den Mineralwässern des eigenen Landes hätte aber zeigen können, wie übertrieben solche Angaben waren. Es darf uns also nicht wundern, bei *Vitruv (VIII, 2) eine ganz richtige Ansicht über das Erkalten der M.W. zu finden. „Non enim calidae aquae ulla est proprietas, sed frigida aqua cum incidit percurrens in ardentem locum effervescit et percalefacta egreditur per venas extra terram: ideo diutius non potest permanere sed brevi spatio fit frigida."

---

*) Was soll man von der Logik eines Monographen über Gastein sagen, der noch im J. 1862 schrieb: „Die spez. Wärme ist nach Dr. Wolf 33mal grösser als die des Merkur u. somit jener des destillirten W. gleich, die Gasteiner Therme hat also (!?)einen hohen Grad von spez. Wärme, ein bedeutendes Vermögen Gase (!!) zu verschlucken u. Wärme zu absorbiren, daher ihre hohe Bedeutung in der Therapie; etc.. In der Gasteiner Therme ist die Wärme nicht adhärent, wenn ich so sagen darf, wie bei künstlich gewärmten Wässern oder andern Thermen, sondern innigst in seinen (?) Bestandtheilen durchdrungen u. unabhängig von den meisten äussern Einflüssen, daher sie auch leichter assimilirt wird." Welche Confusion!

Das Wunderbare, was in dem ganzen Auftreten der M.Qu. liegt, führte zu der Ansicht, dass auch ihre Wärme etwas Besonderes habe; lange Zeit hindurch beuteten die Aerzte diese Volksmeinung aus.

Aber die Experimente, die mit verschiedenen M.W. und künstlichen, im Salzgehalte und im Wärmegrade jenen gleichgemachten M.Wässern gemacht worden, sind nur ausnahmsweise der Ansicht günstig gewesen, dass M.W. langsamer kalt werden als gemeines W. oder solches mit einem entsprechenden Antheile von Salzen.

Thomae machte derartige Versuche mit dem Wiesbadener Kochbrunnen (1842), wobei sich eine langsamere Abkühlung von 50° auf ½° R. beim M.W. u. ein etwas langsameres Wiedererwärmen herausstellte. Diese Versuche wurden schon von Vetter (Canstatts Jahresber. 1843) verdächtigt. Beim W. von Baden sollen Schneblin u. Opitz eine relativ längere Dauer der Abkühlung gefunden haben. Kastner fand erst in der 3.—4. Stunde ein langsameres Vorsichgehen der Abkühlung. Man berief sich früher auch darauf, dass im Gasteiner Wildbade das dortige nur 45° C. warme W. schon Abends in die Badstube gelassen werden müsste, um sich bis zum nächsten Morgen zur Badewärme (35°) abzukühlen. Das Wunderbare dabei verschwindet aber, wenn man erwägt, dass ein in die Erde eingemauertes, eine beträchtliche W.-Wasse haltendes Bad fast nur nach oben an die umgebende Luft u. fast gar nicht seitwärts u. abwärts an die schlechten Wärmeleiter der Umfassung Wärme abgeben kann. Nach Boxberger erkaltet selbst ein gewöhnliches Wannenbad von 172 Kilogramm W. von 32½° C. mit etwa 2 Kilogr. Salz, bei einer äussern Lufttemperatur von ca. 22°5, in einer Stunde nicht mehr als um 1¼ Grad. Driburger künstlich erwärmte Bäder sollen innerhalb 1 Stunde nach dem Einfliessen bei einer mässigen Temperatur der Atmosphäre nur 0°72 kälter werden.

Auf der andern Seite gibt es eine viel grössere Anzahl von Versuchen, die alle darin übereinstimmen, dass das W. natürlich warmer Qu. u. künstlich erwärmtes W. unter gleichen Umständen in gleichen Zeiten gleiche Abkühlung zeigen. Freilich ist es oft sehr schwer, diese Umstände beiderseits gleich zu machen, indem, abgesehen von der Verschiedenheit der Thermometer, schon der Salz- u. Gasgehalt der M.W., die Ungleichheit der Räumlichkeit, Wände und Farbe der Gefässe, das tiefere oder höhere Einstellen des Wärmemessers, ungleicher Verschluss, die ungleiche Oertlichkeit, oder, wenn die Versuche nicht gleichzeitig angestellt wurden, der verschiedene Barometerstand u. dgl. sehr leicht ein fehlerhaftes Resultat ergeben. Ich citire die Versuche von Andrejewskiy mit dem W. von Abano, von Despine mit dem W. von Aix, von Salzer, Löwig, Gmelin, Lade mit dem der Thermen von Baden (in Oesterreich? Baden? in der Schweiz?), von Bastien, Chevalier, Longchamp mit dem W. von Bourbonne, von Regnault mit dem von Bourbon l'Archambault, von Chevalier u. Hacquin mit dem von Chaudes-aigues, von Fontan mit dem von Eaux-chaudes, von Anglada mit dem von Escaldas, von Pleischl mit dem von Gastein, von Steinmann, Reuss, Damen, Pleischl, Jänichen mit dem von Karlsbad, von Bertrand mit dem von Montdore, von Lefort mit dem von Néris, von Scheitlein mit dem von Pfeffers, von Biet u. A. mit dem von Plombières, von Reuss, Ficinus u. Schweigger mit Teplitzer W., von Pagenstecher mit dem von Leuk u. Weissenburg, von Gmelin mit dem von Wiesbaden, ausser den gleichlautenden von Nicolas (Sur les eaux de la Lorraine; 1778), Storch, Struve, Schulthess. (Vgl. Poggend. Annal. VII, 451, Schweigger's Journ. IX, 180, XXXIX, 386, Arch. d. Pharm. 2. R. VII, Ann. d. Chem.

XXIV, 247, Alm. f. Carlsbad 1846, Reuss Marienb. 1818, 172, *Löwig Baden 1837, 107—116.)

In *Alibert's Précis historique sur les eaux 1826 findet man die Versuche, welche Longchamp mit Thermal-W. von Bourbonne u. einer Salzlösung anstellte; das Resultat war, dass die Abkühlung bei beiden Wässern eben schnell vor sich ging. Mehrere ähnliche Experimente von Gendrin u. Jacquot zeigten, dass gewöhnliche W. u. Thermalwasser in gleicher Zeit ans Kochen kamen, dass beide, wenn sie gleiche Grade zeigten, eben viel Eis in gleicher Zeit schmelzten, dass Thermal-W. von Plombières gleich schnell wie gemeines W. erkaltete.

»An keiner der kräftigsten, von mir in Deutschland, der Schweiz u. Italien besuchten Thermen« sagt Gräfe »verriethen mehrfache Prüfungen auch nur die mindeste Spur besondern Gebundenseins der Wärme«. Zu Gastein u. zu Abano füllte er 5 Quart haltende Flaschen mit M.W. u. mit Brunnen-W., welches zu ganz gleichem Grade künstlich erwärmt war u. senkte in jedes derselben genau übereinstimmende Thermometer; in beiden zeigte sich dann ein gleichförmiges Fallen des Quecksilbers.

Der Vergleich eines salzhaltigen W. mit einem nicht salzigen, wie man ihn zu Vichy angestellt hat, ist mangelhaft, weil M.W. schwieriger verdampft als salzloses W. u. Dämpfe sehr viel Wärme absorbiren. Man kann selbst zugeben, dass ein M.W. sich wirklich etwas langsamer abkühle, als ein ihm möglichst gut nachgemachtes, denn die Nachbildung der M.W. ist in einigen Punkten immer unvollkommen. Natürliche W. haben zuweilen Eigenthümlichkeiten hinsichtlich der darin enthaltenen Luftmischung u. besitzen noch unbekannte organische Stoffe, die schon die Veranlassung sein können, dass in einzelnen Fällen ein dünnes Häutchen auf der Oberfläche des W. entsteht, welches auf die Ausstrahlung u. die Mittheilung der Wärme u. den Verlust derselben durch Dämpfe von wesentlichem Einfluss sein kann. Es ist darum kein eitles Beginnen von Kastner, die Erkaltungsdauer der M.W. durch Versuche zu bestimmen; nur als Beispiel wollen wir anführen, dass er die Erkaltungsdauer des Schlangenbader W. zu 1017,5—1018,3, wenn die des gewöhnlichen W. zu 1000 gesetzt wurde, gefunden hat. Vgl. Kastner's Experimentalphysik.

Spricht nun aber auch bisheran keine einzige wohlbegründete Thatsache für eine Verschiedenheit der natürlichen Wärme der Quellen von der gewöhnlichen künstlich erzeugten Wärme, sei es, wie wir später sehen werden, hinsichtlich des Ueberganges oder der Wirkung auf unsern Körper, sei es hinsichtlich der Abkühlung durch Strahlung u. Mittheilung an die Umgebungen, so kann doch die Möglichkeit nicht völlig geläugnet werden, dass diese aus dem Innern der Erde bezogene Wärme etwas Eigenthümliches habe. Die Physiker lehren, dass eine Oelflamme, warmes W. u. erwärmte Metalle von einem gleichen Wärmequantum durch dasselbe Medium hindurch eine ungleiche Menge Strahlen durchsenden u. dass es verschiedenartige Wärmestrahlen gebe, wie es verschiedene Farben gibt. Sollte es nun nicht auch möglich sein, dass die innere Erdwärme etwas anders modifizirt sei, als die von uns künstlich durch Verbrennung erzeugte oder als die Sonnenwärme, welche sich dem oberirdischen W. mitgetheilt hat, u. eine andere Strahlenmischung als diese darböte?

Nichts spricht aber für ein besonderes Gebundensein der Wärme an das W., abgesehen von derjenigen Abänderung der Wärme-Capacität, welche durch den Gehalt des W. an Salzen u. Gasen gegeben ist.

§. 5. Variable und constante Quellwärme. Wechsel der Wärme nach den Jahreszeiten.

Die Wärme eines Wassers ist entweder das ganze Jahr hindurch beständig gleich oder mehr oder minder ungleich. Es gibt kalte u. warme Qu. mit constanter Temperatur; zu St. Moritz sind z. B. 2 Qu., wovon die eine immer 4⁰4, die andere 5⁰6 zeigt. Thermen sind gewöhnlich von gleichmässiger Wärme. Auch die Temperatur des W. der artesischen Brunnen pflegt constant zu bleiben. *Arago hat Beispiele solcher Brunnen gesammelt, die ganze Jahre lang denselben Wärmegrad zeigten.

Früher wurden nicht selten Qu. citirt, die im Sommer kälter als im Winter sein sollten. Man hat sich dabei meistens durch die Empfindung der Kälte, die uns bei warmer Haut grösser vorkommt als bei kalter Haut, täuschen lassen. Eine Täuschung entsteht bei Thermen auch dadurch, dass bei kalter Luft der aufsteigende Dampf mehr sichtbar wird, als bei warmem Wetter. „Videmus recenti fossione terram fumare calentem, atque etiam ex puteis jugibus aquam calidam trahi, et id maxime hibernis fieri temporibus, quod magna vis terrae cavernis continetur caloris:, eaque hieme fit densior, ob eamque causam calorem insitum in terris continet artius." (Cicero de nat. deor. II, 9.) Oenopides von Chios sagt, zur Sommerzeit sei das Wasser in der Erde kalt, im Winter dagegen warm; man nehme das deutlich wahr an tiefen Brunnen; in diesen sei das Wasser am wenigsten kalt auch im strengsten Winter, u. bei der grössten Hitze hole man dort den kühlsten Trunk. (Diodor I, 41.) Sogar das Meer soll nach Plinius im Winter wärmer sein als im Sommer. Derartige Angaben haben grösstentheils aufgehört, seitdem man Thermometer-Messungen angestellt hat; u. jetzt werden nur noch wenige solcher Qu. angeführt. Font de l'Oule, Beuil u. andere Qu. in Savoyen auf ganz (?) isolirten Felsspitzen sollen im Winter ein sehr heisses, im Sommer ein sehr kaltes W. emporwerfen. Fuente del Fresno in Spanien u. eine Qu. an einer Nikolaikirche in Santander (G. Bruin) sollen im Sommer kalt, im Winter warm sein. Fliesst im Sommer vielleicht W. aus geschmolzenem Schnee in die Therme hinein? Zu Plattsburg (Grafsch. Clinton, Union) soll eine Qu. sein, welche Bassins bildet, die sich im Sommer mit Eisschollen bedecken, im Winter keine Spur von Eis zeigen (Stein); hier könnte doch nur eine spätere Abkühlung des W. im Spiele sein.

Thermal-Wässer scheinen kaum je merklich von den Variationen der Jahreszeiten beeinflusst zu werden; in dieser Hinsicht angeführte Beobachtungen sind nicht ohne Zweifel aufzunehmen.

Die wasserreichen, 54—69° heissen Qu. Gurgitello's sollen nach de Monti's Versicherung während anhaltend heisser u. trockener Witterung noch wärmer, einige dann 75° warm hervortreten. Die Qu. von Bourbon l'Ancy sind 45—57°5 warm; in der warmen Jahreszeit sollen sie 4—5° wärmer sein; die Qu. zu Chaldette ist gewöhnlich 30° warm, am 12. Aug. 1835 zeigte sie nach Roussel 34°; nach Molin's Versuchen sinkt die Temperatur der wärmern Qu. (30—56°) dort im Winter u. zur Regenzeit. Die lauen Qu. von Graena sollen im Juni von 35° auf 37°7 steigen, im Oktober aber wieder fallen, während die starken Qu. immer auf 40° bleiben.

In Fällen, wo eine solche Veränderlichkeit der Quellwärme constatirt ist, muss gewöhnlich der hohe Temperaturgrad des W. als Norm angesehen werden, von welcher das W. sich entfernt, wenn kaltes W. infiltrirt oder eine Abkühlung des W. im Quellbassin u. dessen Umgebung eintritt.

Auch dürfte der stärkere Verbrauch des W. im Sommer günstig auf das Hervorbringen des noch nicht abgekühlten Thermal-W. einwirken.

Die gewöhnlichen Quell- u. Brunnen-W. sind dem Einflusse der Luftwärme-Veränderungen nicht entzogen; sie zeigen ein mehr oder minder regelmässiges Steigen u. Fallen der Temperatur je nach den Jahreszeiten. Haben die Wässer keinen ganz oberflächlichen Verlauf, wobei sie ihre ursprüngliche, an der Luft erhaltene Wärme fast ganz bewahrt haben würden, u. sind sie in Berührung gewesen mit den tiefern Erdschichten, zu welchen der atmosphärische Wärmewechsel nur nach einer gewissen Zeit durchdringt, so bedarf es auch einer entsprechenden Zeitdauer, ehe die W. diese Wärme-Veränderung annehmen. So zeigten z. B. 70 Qu., die Bischof untersuchte, ihr Wärme-Maximum meistens gegen Ende Oktober; doch pflegt bei solchen Qu. das Maximum nur um $^3/_4$—$^5/_4{}^0$ das Minimum, welches 6 Monate später einzutreten pflegt, zu übertreffen; höchstens war (mit Einer Ausnahme) der Unterschied $4^0 2$.

Kalte Mineralquellen zeigen nicht selten ähnliche oder noch grössere Variationen (durch den Einfluss der Luftwärme oder fremder W.); z. B. fand Bischof beim Burgbrohler Säuerling Wechsel von $^1/_8$—$2^1/_4{}^0$, zu Meinberg von $5^0 6$—$6^0 6$.

Auch von vielen Qu., welche zwar variabel sind, aber doch mit ihren veränderlichen Wärmegraden das Mittel der örtlichen Luftwärme ausdrücken, ist es bekannt, dass sie je nach den Jahreszeiten wärmer oder kälter sind; doch verläuft zwischen der Erhöhung der atmosphärischen Wärme u. derjenigen der Quellwärme auch nicht selten ein längerer Zeitraum, in ähnlicher Weise, wie in der Wärme tiefer Erdschichten die Sommertemperatur erst nach Monaten erscheint. Cf. den folgenden §.

§. 6. Ausgleichung der Wärme des Wassers mit der Wärme der Luft und der Erde.

Das W., welches in der Atmosphäre in Dunstform oder in Tropfenform verweilt, ist durch seine grosse Vertheilung besonders geeignet, die Temperatur der Luft, wovon es umgeben ist, anzunehmen u. wieder seine Wärme der Luft mitzutheilen. Die atmosphärischen Niederschläge haben also im Allgemeinen ihre Wärme schon mit der jedesmaligen Wärme der untern Luftschicht ausgeglichen, ehe sie den Erdboden berühren. Bestehen die atmosphärischen Niederschläge aus gefrorenem W. (Schnee, Hagel), so findet diese Ausgleichung meistens erst nach dem Niederfallen beim Zerfliessen statt, wenn die Luft wärmer als der Nullpunkt wird. So lange nun das W. noch an der Luft, nachdem es niedergefallen ist, verweilt, bleibt es auch der Wärme der Atmosphäre ausgesetzt. Zum atmosphärischen Wärmewechsel sind auch die kosmischen Temperatur-Ausgleichungen zu zählen, welche von der Sonne und den Gestirnen abhängig sind, die zunächst auf die dem Boden nächste Luftschicht einwirken; ich denke dabei an die Wirkung der Sonnenstrahlen u. der Ausstrahlung gegen den Weltraum. Die atmosphärische Wärme, wenigstens insoweit sie die unteren Luftschichten angeht, ist in den meisten

Ländern eine sehr veränderliche Grösse; in andern, wo sie nur im Bereiche weniger Grade schwankt, ist sie doch wenigstens einigermassen von der Erhebung der Sonne über den Horizont abhängig. Diese Variabilität der atmosphärischen Wärme zeigt sich darum auch am Regen u. dem noch oberirdischen Wasser. Die obersten Erdschichten werden in ihrer Temperatur durch die Wärme der Luft, des Sonnenscheins, des Weltraums (durch Ausstrahlung), sowie durch die der atmosphärischen Niederschläge bestimmt u. nehmen an deren Veränderlichkeit Antheil. Der Erdboden ist namentlich durch die Besonnung nicht selten viel wärmer als die Luft. Das auf den warmen Boden niederfallende W. nimmt daher oft eine höhere Wärme an, als die Luft zeigt; doch wird dies durch die gesteigerte Verdunstung grossentheils wieder ausgeglichen; gleichwohl kann ein oberflächliches W. durch die von der Sonne erwärmte Erdoberfläche u. durch Besonnung merklich erwärmt werden. Der Orinoco zeigt z. B. zwischen 4—8° Breite 27°5—29°6; bei grossen Ueberschwemmungen der Savanen erwärmen sich aber dessen gelbbraune Gewässer bis auf 33°8.

Soll das atmosphärische W. Quellen bilden, so muss es in die Erde hineingehen. Hier unterliegt es einer mehr oder minder vollständigen Ausgleichung seiner Wärme mit der der Erde. Die Erde hat in den obern Lagen noch eine von der atmosphärischen Wärme mehr oder weniger abhängige Temperatur, in diesen ist also auch das W. noch der Veränderlichkeit der Wärme der Luft unterworfen; in den tiefern Lagen herrscht aber, wenn nicht eine von der Luftwärme ganz unabhängige, doch eine constante Wärme.

Die Erdrinde erhält eine beständige Zuleitung von Wärme von unten zu, indem die Centralwärme der Erde durch feste u. weiche Leiter, sowie durch das von unten emporsteigende W. nach oben geführt wird; aber auch von oben zu wird, wie gesagt, die Temperatur der Erdrinde modifizirt durch die Sonnenstrahlen, die Luftwärme u. durch atmosphärische Niederschläge. Dieser Einfluss von oben zu ist an Orten, wo das W. keinen Zutritt hat, freilich nur für die obersten Erdschichten sichtbar u. es bedarf einer kürzern oder längern Zeit, ehe er sich in der Erhöhung oder Erniedrigung der Wärme zur Tiefe hin bemerklich macht. Wärme u. Kälte bewegen sich nämlich in festen Körpern langsam vorwärts; je länger sie aber einwirken, desto weiter schreitet die Temperatur-Veränderung vorwärts. Wirkt nur die Wärme oder Kälte während eines Theils einer Tageslänge, so dringt sie nur ein paar Fuss tief in das feste Gestein ein; darunter ist ihr Einfluss schon unmerklich. Etwas tiefer reichen die wöchentlichen Aenderungen der Luftwärme u. noch tiefer erstrecken sich die jährlichen. Ehe die Temperaturdifferenz aber eine Erdschicht von 23—26′ durchdringt, vergeht fast ein halbes Jahr, so dass, wenn auf der Erde Sommer ist, in dieser Tiefe erst für die Erde der Winter angekommen ist. Etwa vom Juli bis Januar geht die Wärme von aussen nach innen, dann hat sie ihr Maximum erreicht u. geht wieder vom Januar bis Juli nach aussen. Nach Forbes (1849) trat das Maximum der Wärme im basaltischen Trapp in 23′ (25′?) Tiefe erst am 8. Jan. ein; nach Quetelet (1835) herrschte die höchste Temperatur in 24′ Tiefe am 10. Dez., die niedrigste am 15. Juni. Nach dem Temperatur-

Unterschiede der heissesten u. kältesten Jahreszeit, nach der Insolations-, Ausstrahlungs- u. Leitungsfähigkeit des (lockern oder dichten, felsigen oder nicht felsigen, feuchten oder trockenen) Bodens ist die Tiefe, wo alle periodischen Schwankungen aufhören, eine verschiedene. Am Aequator beträgt sie nur ein paar Fuss; in Paris, Strassburg, Brüssel, Zürich schwankt die Bodenwärme in der Tiefe von 55—60′ schon fast gar nicht mehr, u. in der Hälfte derselben kaum noch um ½°. *) Noch weiter nach innen beginnt schon der Einfluss der Erdwärme merkbar zu werden. Die Grenze, auf welcher der Einfluss der atmosphärischen Wechsel verschwindend klein ist u. sich die verschiedenen Temperaturen der Atmosphäre nur noch als eine mittlere Gesammtsumme geltend machen u. wo die mittlere Lufttemperatur u. die Erdwärme im Verlaufe der Jahrtausende sich ungefähr in Gleichgewicht gesetzt haben, bestimmt die Lage der invariablen Erdschicht. Dieser Neutralpunkt liegt hinsichtlich seines Abstandes von der Oberfläche den Umständen nach mehr oder weniger tief u. um so weniger tief, je weniger die atmosphärische Wärme des Ortes wechselt, eben deshalb in den Tropen sehr oberflächlich. In den Tropen zeigt ein Thermometer, das an einem bedeckten Orte 8—12 Zoll eingegraben ist, zu den verschiedensten Stunden, in den verschiedenen Monaten einen fast invariablen Wärmestand u. zwar fast genau den des atmosphärischen Mittels, so hoch oder tief auch die Lage des Ortes sein mag. In unseren Breiten kommt dem atmosphärischen Mittel schon nahe das Mittel der Anzeigen, welche ein 6′ tief in den Boden eingesenktes Thermometer zeigt.

Von der invariablen Erdschicht nach dem Centrum der Erde hin bleibt die Wärme jeder Erdschicht, wenn keine Lokalstörungen (vulkanische Ausbrüche z. B.) stattfinden, sich immer gleich u. ist um so bedeutender, je tiefer man in die Erde eindringt.

Das in der Erde befindliche W., steige es nun von oben hinab oder von unten auf, muss Wärme abgeben oder annehmen, wenn es mit Gesteinen, Erdarten, unterirdischen W.-Ansammlungen zusammenkommt, welche eine andere Temperatur besitzen, als es selbst hat. Ist die Berührung mit diesen Gegenständen keine hinlängliche, — entweder weil die Wassermassen zu kalt oder zu warm oder zu beträchtlich sind oder weil der Wasserlauf zu kurz oder zu wenig verzweigt ist —, so wird die Ausgleichung der Temperatur des zugetretenen W. mit seiner Umgebung keine vollständige. Gelangt das W. unter diesen Umständen auch bis zur Erdzone, wo eine unveränderliche Temperatur herrscht, so wird die Wärme des zur Quelle gewordenen Wassers doch keine constante sein. Kam das W. unter ähnlichen, der völligen Wärmeausgleichung ungünstigen Umständen, in Erdzonen von einer höhern Wärme, so konnte es auch nicht die bestimmte Wärme dieser Zone annehmen. Eben auf dem Umstande, dass die aus den tiefern Zonen hinaufkommenden W. die

*) In 26½′ im hohen Norden um 1° (Bravais); in unsern Gegenden bei 69′ im Mittel nur um 0°01 (Quetelet), in 36′ im Sande um 0°81, bei 60′ um etwas über 0°014 (Bischof). Seit einem halben Jahrhundert steht das Thermometer in den Steinbruch-Kellern des Pariser Observatoriums auf 11°84—12°19 in 86′ Tiefe; diese Temperatur geht schon über die mittlere Luftwärme von Paris 10°82.

[illegible]n Schichten, worin andere, constante oder variable Wärmestufen herrschen, zu schnell durchlaufen, um an sie die in der Tiefe empfangene Wärme abgeben zu können, verdanken diese W. es, dass wir bei ihnen noch einen grossen Theil jener Wärme tiefer Schichten conservirt finden, obwohl sie jedenfalls etwas davon auf ihrem Wege nach oben zu wieder verloren haben müssen.

Soll die Temperatur eines W. sich mit der Umgebung einer tiefen Erdschicht völlig ausgleichen, so muss es durch vielfache Zertheilung der Spalten u. Höhlen, worin es sich bewegt, u. durch langes Verweilen in jener Schicht dazu hinreichende Gelegenheit haben. Der Umstand, dass das W. immer dieselben Wege verfolgt, begünstigt nicht die Annahme der, ursprünglich den Schichten, worin es verweilt, zukommenden Temperatur, wie diese ohne Zutritt des W. sein würde.

Die Wärmeausgleichung des W. u. der Erdschichten erleidet in den Fällen, wo das W. gefrorene Schichten berührt, was namentlich in der Nähe der Erdpole nichts Seltenes ist, *) eine Modifikation durch die zum Aufthauen des gefrorenen W. nothwendige Wärme.

§. 7. Isothermale, hypothermale, hyperthermale Quellen.

Nachdem wir im Allgemeinen die Wärmequellen der Wässer besprochen haben, gehen wir näher auf die Uebereinstimmung zwischen Quellwärme u. der mittleren Luftwärme ein. Wie wandelbar die Wärme der Atmosphäre auch erscheint, so ist doch an jedem Orte die mittlere, aus vielen zu regelmässigen Zeiten angestellten Beobachtungen festgestellte Jahrestemperatur der Luft eine fast unveränderliche Grösse, deren Wechsel 1—2°25 höchstens in verschiedenen Jahren beträgt. Orte mit gleicher durchschnittlicher atmosphärischer Wärme verbindet man auf den Karten mit Linien, welche Isothermen, Isothermallinien genannt werden. Diese Linien laufen nicht parallel mit dem Aequator, sondern zeigen vielfache Biegungen, die durch mannigfaltige Umstände begründet sind. **)

Die Wärme vieler Quellen zeigt nun eine grössere oder geringere Uebereinstimmung mit den Isothermen ihres Ortes; man kann sie darum **isothermale** Quellen nennen. Sind sie von constanter Wärme, so repräsentiren sie zu jeder Zeit den mittleren Stand des Orts-Thermometers; sind

*) Naumann betrachtet das Eis als ein Gestein, dessen Ablagerungen nicht selten von jüngern Bildungen bedeckt werden; z. B. besteht die Insel Deception-Island unter 61°55′ S.Br. grossentheils aus abwechselnden Schichten von Eis u. vulkanischen Auswürflingen.

**) Für unsere Gegenden ist die Linie von 10° die wichtigste. Sie läuft durch den Süden von Irland (Dublin 9°6, Cork 10°6), durch Wales (Liverpool 9°6, Plymouth 11°) nach dem südlichen England nahe an London (9°8) vorbei, Frankreich (Paris 10°5) u. Belgien (10°5) südlich lassend, durch die Niederlande (Haarlem 10°, Amsterdam 9°8), biegt sich an der deutschen Grenze nach Süden — Münster (9°5), Düsseldorf (9°5), Elberfeld (9°1), Trier (9°8), Metz (10°3), Frankfurt (9°8) bis nach Mannheim, Karlsruhe, Heidelberg, Würzburg — durch das südliche Bohmen u. Mähren (Prag 9°6), durch Wien (10°5) zum nördlichen Ungarn (Ofen 10°5), zur Moldau u. zum schwarzen Meere hin.

sie von variabler Wärme je nach den Jahreszeiten, so zeigt die Mittel vieler an ihnen in passenden Zwischenräumen gemachten Temperatur-Beobachtungen die mittlere Luftwärme an.

Andere Quellen bleiben unter der mittleren Luftwärme des Ortes: hypothermale Quellen.

Häufig aber finden sich hyperthermale Quellen, deren mittlere (constante oder variable) Wärme über die mittlere Luftwärme hinausgeht; die Geologen nennen sie schlechtweg Thermen, Thermalwässer.

Diese Bezeichnungen sind also immer relativ. Für den einen Ort ist eine bestimmte Quellwärme, z. B. 20⁰. Ursache ein W. hyperthermal zu nennen, die es für einen andern Ort nicht ist. Da die höchste mittlere Luftwärme am Wärme-Aequator etwa 28⁰ (27⁰5) beträgt, so ist jede höhere Quellwärme eine hyperthermale. Die reinsten Quellwässer, welche von Humboldt in der Gegend der Cataraktén von Atures u. Maypures mit 27⁰3 Wärme antraf*) oder in der Waldung des Atabapo trank, waren lauwarm, ohne doch hyperthermal zu sein. Eine Qu. am Amazonas, die aus Sandstein hervorkam, zeigte in 12 Morgenbeobachtungen fast gleichmässig 23⁰75 u. schien die mittlere Quellenwärme in diesem dichtbewaldeten Aequatorialgebiete zu haben.

§. 8. Einfluss der Abnahme der Luftwärme in Gebirgen auf die Quellwärme.

Die Luftwärme fällt im Gebirge mit der Entfernung von der Meeresfläche u. mit der Luftwärme sinkt auch die Bodenwärme. Die Bodenwärme der Gebirge von geringem Umfange wird fast ganz durch die der Atmosphäre beherrscht. Die Quellwärme richtet sich nach der Temperatur des W., welches die Quellen bildet u. welches oft, aus geschmolzenem Eis hervorgegangen, sehr kalt ist, u. nach der Bodenwärme. In grossen Höhen ist die Luft- u. Boden-Temperatur überhaupt bedeutend niedriger, als in den Ebenen gleicher Breitegrade; dem entspricht die niedrige Temperatur der nicht tief eingedrungenen W. der Gebirgsquellen. In den Alpen, wo die kälteste Qu. 0⁰8 zu haben scheint, herrscht in 9000—7500′ Erhebung über die Meeresfläche eine Quellwärme von 1—3ᶜ u. etwas mehr, zwischen 7500—6000′ eine Quellwärme bis über 4⁰, zwischen 6000—4500′ eine solche bis über 6⁰, zwischen 4500—3000′ geht sie bis über 8⁰ u. von 3000—1500′ übersteigt sie 9—10⁰. **)

Doch erfolgt die Abnahme der Quellwärme mit der Höhe dieser nicht ganz adäquat; sie geht langsamer vor sich in den Thälern als auf freien Abhängen oder Gipfeln u. erfolgt unter gleichen Umständen rascher in grösseren Höhen. An der Baumgrenze findet sich in den verschiedenen Gebirgszügen der Alpen nahezu dieselbe Quellwärme, 3⁰5 im Mittel, wenn auch die Höhe dieser Grenze selbst ziemlich verschieden ist. Die Qu. in Thälern sind in gleicher Höhe wärmer als jene

*) Die dort aus Granit brechenden Qu. zeigten 27⁰8 u. waren also wohl hyperthermal.

**) Hier, wie an einigen anderen Stellen sind die in Fusszahl angegebenen Höhen nicht auf Meter reducirt, wenn es nicht feststand, welches Fussmaass gemeint war oder wenn runde Summen angegeben waren.

auf Abhängen oder Gipfeln. Die Höhe der Gebirgszüge hat einen entschiedenen Einfluss auf die Temperatur des Bodens u. der Quellen; man findet bei gleicher Höhe über dem Meere die wärmern Qu. da, wo die mittlere Erhebung grösser ist; es erleiden die Isogeothermen eine Biegung analog der Erhebungslinie des Gebirges. Dies Alles erklärt sich aus den gewöhnlichen Abkühlungs-Verhältnissen.

Die Luft-, Boden- u. Quellwärme verschiedener Gebirge stimmt oft nicht mit der Luft-, Boden- u. Quellwärme anderer Gebirge in derselben Höhe überein.

Auf dem Brocken findet man bei 3500′, in der Schweiz auf dem St. Gotthard bei 6450′ eine mittlere Jahres-Temperatur von 1°. Saussure fand in den Alpen für 154 M. Höhe eine Abnahme von 1°; im Rheinthale zwischen dem 48. u. 49. Breitengrade fand Daubrée von 1—280 M. Höhe auf 200 M. eine Abnahme von 1°. Die mittlere Quelltemperatur ging aber über die mittlere Lufttemperatur; eine Qu. war bis 18°1 warm. B[illegible]hof fand bei Bonn auf 546′ eine Abnahme von 1°. Nach Simony entspricht im Salzkammergut erst eine Höhenzunahme von 291 M., nach Prettner in Kärnthen eine Erhöhung von 960—825′ einer Temperaturabnahme von 1°. Walferdin fand bei den folgenden drei Qu., die fast in gleicher Höhe (380 M.) liegen, die bezeichneten Temperaturen: Qu. der Marne 9°67, Blanche 9°6, Maasqu. 10°95. Die Temperatur der vielen Quellen von Gräfenberg hat Jul. Schmidt (Astronom von Olmütz) 1859 bestimmt. Sie waren in der Höhe von 585—760 M. 7°3—4°3 warm; von wenigen ging die Temperatur höher. Vgl. Balneol. Ztg. IX einen ausführlichen Aufsatz. Ueber die Temperatur der Qu. im Jura s. Thurmann im Annu. météor. de la France p. 1850, 258—268. Auf den ausgedehnten Hochflächen von Mexiko kann bei 9000′ die mittlere Temperatur noch 15° betragen. Die niedrigste Temperatur zu Quito bei 8900′ ist 6°, nur 16° weniger als die höchste. Boussingault fand in Südamerika auf 195 M. Höhenzunahme 1° Abnahme; bei 332 M. hatten die Qu. noch 10°. In den Andes bei Calpi berechnete Humboldt 324 M. auf 1° (C. oder R.), höher hinauf 201 M.. Auf Java kommen auf 1° C. Abnahme 167 M. im Gebirge; weniger schnell nimmt die Temperatur auf Plateaus ab; bei 1051 M. Höhe ist die Wärme noch 21°2, bei 1260 M. 20°, bei 1469 M. 18°75, bei 1677 M. 17°5. Nach Pouillon-Boblaye's Beobachtungen an Quellen auf Morea ist die Quellwärme 17°5 in der Meereshöhe; sie nimmt bis 11° in 950 M. Höhe ab, d. i. für 145 M. 1° Abnahme.

§. 9. Verschiedensein der Quellwärme und der mittleren Luftwärme des Quell-Ortes.

Faktisch stimmt die Quellwärme gewisser Quellen mit der Ortstemperatur überein. *) Diese Uebereinstimmung trifft aber an manchen Orten nur unvollkommen ein. Soll die constante, oder bei veränderlicher Temperatur die mittlere Wärme einer aus atmosphärischem W. hervorgegangenen Qu. gleich sein mit der mittleren Wärme des Ortes, wo sie ausfliesst, so muss (abgesehen von den Ausgleichungen ungleichartig wirkender Einflüsse) vorerst die Luftwärme des Sammelpunktes des Quellwassers übereinstimmen mit der des Ausflussortes. Bei Qu., deren Sammelpunkt in einer viel höhern u. kältern Region als der Ausfluss-Ort liegt, ist auch das Quellwasser öfters kälter als die Luft an letztgenanntem Orte durchschnittlich ist. Ferner muss die mittlere Temperatur des atmosphärischen Niederschlages (Regen, Schnee) übereinstimmen mit der mittleren Temperatur der untersten Luftschichten; dies

*) Vgl. Gehler's Physik. Wörterbuch S. 1079 u. die Tabellen von S. 1081 —1085, welche die Uebereinstimmung der Quellwärmen (1°7—27°65) mit den mittleren Luftwärmen der betreffenden Orte zeigen.

ist aber bei den aus hohen Luftzonen kommenden Niederschlägen auch öfters nicht der Fall. Namentlich in den Tropen trifft dies darum nicht ein, weil der Regen vorzugsweise der kalten Jahreszeit angehört. *) In den Ländern, wo die Sommerregen vorherrschen, muss die Quellwärme die mittlere Luftwärme übersteigen. Zu jener Concordanz zwischen Quell- u. Luft-Temperatur ist es ferner nöthig, dass von den atmosphärischen Wässern verschiedener Temperatur ein gleiches Quantum in den Boden eindringe. Dies findet aber häufig nicht statt; so lange z. B. der Boden gefroren ist, dringt das aufgethaute W. nicht in die Tiefe u. die atmosphärische Kälte unter dem Nullpunkt wird also in der Erde weniger vertreten als die höhere Luftwärme. Wenn auch das W. des Eises in demselben Verhältnisse wie der Regen in die Erde dränge, würde es doch nur nach Verlust eines Theiles seiner Kälte etwas über 0⁰ erwärmt hineingelangen. (Auch wo das tiefe W. eines See's eine Qu. speist, kann die Quellwärme abweichen. In manchen See'n hat das tiefe W. eine constante Wärme von 4⁰, was darauf beruht, dass das kältere bis dahin erwärmte W. untersinkt, wogegen das höher erwärmte W. an der Oberfläche bleibt. Ein solches W. von 4⁰ stellt also nicht die mittlere Luftwärme des Ortes dar.) Dazu kommt noch der Umstand, dass die äusserste Oberfläche der Erde, worauf die atmosphärischen Niederschläge fallen, nicht immer gleich warm wie die Luft ist. Der Boden ist oft kälter als die Luft, nicht selten aber auch durch Besonnung viel wärmer. **) Wo die Erde mit einer dicken Schneelage bedeckt ist, während die Luftwärme auf — 15 bis 20⁰ sinkt, bleibt die Temperatur der Erde höher als die Mittelwärme der Luft. (v. Humboldt Kleine Schrift. I, 313.)

Das schnellere oder längere Verweilen der einsinkenden W. in den höhern Schichten der Erdrinde muss auf die Temperatur der Quellen von grossem Einflusse sein. An vielen Orten ist in geringen Tiefen die Erde nachweisbar wärmer, als die mittlere Luftwärme.

Quellen, deren Wärme **unter** der mittlern Luftwärme liegt, sind an vielen Orten beobachtet worden.

Unfern **Palästrina** bei Rom, dessen mittlere Lufttemperatur 15⁰7 ist, traf v. Buch eine Qu. von 11⁰6; auf **Gran Canaria** fand er die Temperatur der Qu. bis zu 2000′ Höhe zu 16⁰9, weit unter der mittleren Luftwärme. Aehnlich verhielt es sich auf **Teneriffa** u. **Palma**. Zu **Lancerote** fand er 18⁰ W.-Wärme bei 21⁰9 Luftwärme. In den Gebirgen von **Caracas** u. **Cumana** traf v. Humboldt viele Qu., die wenigstens 4⁰ niedriger waren, als die Luftwärme: eine bei **Cumanacoa** bei 349 M. Höhe hatte 22⁰5 statt 27⁰5. Auf **Jamaica** wurde Aehnliches von John Hunter beobachtet; Qu. auf 1264 M. Höhe zeigten 16⁰6 statt 20⁰. Im Innern von **Congo** fand Smith wasserreiche Qu. in 442 M. Höhe mit 22⁰5 statt 25⁰6.

---

*) In Europa sind die Regen auch nicht gleichmässig auf die vier Jahreszeiten vertheilt. In England, auf den Westküsten von Frankreich, in den Niederlanden u. in Norwegen sind die Herbstregen, in Deutschland, den westrheinischen Gegenden, in Dänemark u. Schweden die Sommerregen vorherrschend, wogegen letztere im südöstlichen Frankreich, in Italien u. im südlichen Portugal fast ganz fehlen.

**) Man hat beobachtet, dass der Sand am Senegal im Juli durch die Sonne auf 75⁰4 erwärmt worden war. Der Sand hatte zu Situbondo, bei einer Luftwärme von 44⁰4, eine Wärme von 87⁰5—91⁰2 angenommen, u. 62—81⁰ dort, wo der Boden nicht ganz kahl war. Ich fand zu Aachen am 23. Juli 1854 bei einer Luftwärme von 31⁰4 im Schatten die Boden-Schicht eines Rasens 52⁰7 warm.

G. Bischof fand am Fusse des fast 9000′ senkrecht emporsteigenden Eigers am Grindelwald Quellen von 5°9, während die mittlere Temperatur dort viel höher ist. Bei Neuchatel fand v. Buch eine Qu. von 4°7, während alle andere Qu. der Gegend fast 10° besitzen.

Ein Wasserstrahl der hinreichend stark war, eine Mühle zu treiben, die bei Macugnaga im Grunde des grossen beschneiten Circus des Monta-Rosa lag, hatte nur eine Temperatur von 3°75; zahlreiche Quellen, welche am Fusse einer mächtigen Kalkkette, etwa 550 M. über dem Meere im Arve-Thale bei Sallenche in Savoyen lagen, zeigten nur 7°7 (Saussure). Die schönen Quellen von Médouze (Hautes Pyr.), am Eingange des Thales Campan, die einen Mühlenbach hervorbringen, zeigen 10°4, etwa 4° weniger als die mittlere Temperatur des Thales; u. der schnelle Luftstrom, der zugleich mit dem W. hervorkam, hatte dieselbe Wärme. (Cordier in Schweigger's Journ. 1828.)

Die Nähe hoher Berge, von deren Schnee u. Eis die Qu. gespeist werden, das Zurücktreten der Sommerregen u. andere Ursachen können die Quelltemperatur erniedrigen.

Die mittlere Quellwärme in den Thalgründen u. nächst angrenzenden Theilen der Kalkgebirgsgehänge des Salzkammergutes steht unter dem Mittel der Lufttemperatur. Der schnelle Verlauf des W. in dem durchhöhlten Kalke, die weissere Farbe u. geringe Leitungsfähigkeit des Kalksteines gegen die gewöhnlich weniger steilen u. compakteren Urgebirgsmassen erklärt diesen Umstand. Dem entsprechend sind die gegen Süden ausfliessenden W. durchschnittlich um 1°7 wärmer. Selbst eine unterirdische Verdunstung kann, wie man meint, Ursache einer Erniedrigung der Quellentemperatur werden.

„Die grosse Zerrissenheit des nur 5420′ hohen, ganz isolirten u. schon im Juli vollkommen schneefreien Sandling, welcher das Sammelgebiet der bekannten kalten Qu. bildet u. die ihn umschliessenden, aus kolossalen Steintrümmern bestehenden, ausgedehnten Schutthalden, aus deren Fuss die Qu. vorzugsweise hervortreten, dürften hinlänglich die niedrige Temperatur der W. erklären. Sehr wahrscheinlich kühlen sich in den zahlreichen Spalten der festen Felsmassen des Sandlings u. Rothenkogels, als auch in der Tiefe der mächtigen Schuttgehänge, welche der Luft hinlänglichen Durchzug gestatten, die feinzertheilten Wasseradern durch Verdunstung bedeutend ab.“ (Simony.)

Die mittlere oder constante Quellwärme steht in andern Fällen über der mittlern Luftwärme u. bildet hyperthermale Wässer.

An der Hudsonsbay soll eine Qu. unter einer Decke von Eis u. Schnee das ganze Jahr fliessen; wenn ihr W. nicht ausserordentlich salzreich ist, muss ihre Wärme höher als die mittlere der Luft sein; sie könnte aber thermal sein u. aus tiefern Bodenschichten herrühren. Wahlenberg fand in Schweden nahezu constante Qu. beträchtlich wärmer als die Luft u. zwar um so wärmer, je beständiger sie flossen. Bei Königsberg übertraf die Julienthaler Qu. die Lufttemperatur um 1°89. Für Berlin beträgt die Quellwärme 10°08, die Luftwärme 8°98.

Diese Differenz der Quellwärme u. Luftwärme in nördlichen Gegenden erklärt sich wohl theilweise daraus, dass, wie gesagt, die kältern atmosphärischen Wässer durch den Frost weniger in die Tiefe dringen, als die wärmern.

Wo die Wässer tief in die Erde eindringen müssen, ehe sie eine dichte Lage finden, auf welcher sie verlaufen, haben sie schon von der Centralwärme eine Erhöhung ihrer Temperatur erfahren. In vielen Gegenden der

Erde ist aber der Bereich der Erdschichten, welche mit ihrer Wärme die mittlere Luftwärme nicht übertreffen, so gering, dass dort kaum ein Wasser in die Erde eindringen kann, ohne auf eine höhere Temperatur als die mittlere Luftwärme zu stossen.

„Unter die geologischen Charakter-Eigenthümlichkeiten der Hochländer des nordamerikanischen Westens gehört die durchschnittlich höhere Temperatur der wenigen Qu., welche in jenen wasserlosen Regionen ihren Weg zum Tageslicht finden.... Die ausserordentliche Seltenheit von Qu., welche diese regenarmen Länder charakterisirt, scheint auf eine mächtige Tiefe der sedimentären Schichten schliessen zu lassen....“ (Ausland 1862.)

Zu Brüssel zeigt das in einer Tiefe von 3—4′ in den Boden eingebrachte Thermometer u. noch mehr das 3,9 Meter tief eingebrachte, eine sehr bemerkliche Steigerung der mittleren jährlichen Temperatur nach unten zu von einer dicht unter der Oberfläche gelegenen kältesten Schicht an. Die Schwankungen der Monatsmittel auf Malabar in 3′ Tiefe bewegen sich zwischen 2°49—4°18; auch hier wächst die Temperatur in 3—12′ Tiefe nach unten zu. »Wenn nun aus obigen Bemerkungen folgt, dass schon in geringern Tiefen eine mehr oder weniger merkliche Zunahme der Wärme der Erdschichten stattfindet; so ergibt sich auch daraus, dass weder periodisch ihr Wasserquantum u. ihre Temperatur ändernde, noch völlig constante Qu. geeignet sind, den der Oberfläche selbst zukommenden Wärmegrad genau auszudrücken. Jene werden je nach der Temperatur der verschiedenen Erdschichten, besonders in Regionen, welche höher gelegen sind, als der Ort des Hervortretens, eine andere Wärme zeigen, als der Boden an letzterm Orte; sie drücken uns hier ein Mittel von verschiedenen Temperaturen aus, deren ursprünglicher Sitz u. Ausdehnung in den allerseltensten Fällen bekannt ist, da die speisenden Risse u. Klüfte der Beobachtung entzogen sind. Je tiefer die W.-Behälter liegen, desto constanter wird im Allgemeinen eine Qu. fliessen, desto unveränderlicher sich ihre Temperatur im Laufe des Jahres erhalten; aber solche Qu. werden nun nicht einmal einfach die Wärme der untern Bodenschichten anzeigen, sondern ihre Temperatur hat da, wo sie zu Tage brechen, bereits wieder eine Aenderung in den durchflossenen Gesteinlagen erfahren. Ist nun jenes Gesetz ein allgemein für alle Erdregionen gültiges, dass die Bodentemperatur in der Nähe der Oberfläche ein Minimum erreicht u. von da nach unten zu bei schneller Abnahme der täglichen Temperatur-Veränderung wächst; so werden alle Qu., welche im Laufe des Jahres nicht versiegen, sondern stets mehr oder minder reichlich fliessen, eine höhere Temperatur angeben, als die Oberfläche des Bodens selbst besitzt.« (v. Humboldt Centralasien, 3. Theil, »Ueber die Temperatur der Qu. in Russland«.)

Kupffer hat eine Tabelle zusammengestellt, welche das Gesetz bestätigen soll, dass in höhern Breiten die Quellwärme höher u. in niedern niederiger ist, als die mittlere Luftwärme. (Humboldt Kosmos.)

Vgl. Hallmann Temperaturverhältnisse der (kalten) Quellen, 2 Bd. 1854 u. 55, ein 1029 S. starkes Werk voller Beobachtungen an einigen wasserreichen Quellen.

§. 10. Wärmeschatz der Erde.

Magna vis terrae cavernis continetur caloris.
Cicero.

Die Beobachtungen, welche in Gruben über die Zunahme der Erdwärme nach innen zu angestellt worden sind, beziehen sich entweder auf das Gestein selbst oder auf die dort angetroffene Luft oder das daselbst befindliche Wasser. In allen Fällen ist zu beachten, dass nur höchst selten die Gestaltung der Gruben so günstig ist zur Bestimmung der Temperatur, wie die kleinere gegen äussere Einflüsse geschützte Höhlung der Keller der Pariser Sternwarte; es ist leicht zu berechnen, dass ihre Temperatur einerseits durch die Respiration der Arbeiter, das Brennen der Lichter, zuweilen auch wohl durch aufsteigende W. erhöht, andererseits durch das Hineinsinken der kältern Luft u. das Einfiltriren der W. von oben erniedrigt wird. Am schwankendsten zeigt sich die Wärme der Luft in den Gruben; sie weicht öfters sehr von der Wärme des Gesteins ab u. ist verschieden je nach dem Standpunkt, den man wählt. In mehreren tiefen Bergwerken ist die Luft über 20°, ja über 30° warm. Das W. kommt in den Bergwerken entweder als Filtrationen oder als Bäche vor, oder hält sich in Pfützen, Bassins, See'n auf, wozu noch das aus den Gruben abfliessende W. kommt. Das W. der Bergwerke gelangt gewöhnlich von oben zu hinein u. bringt durchschnittlich eine niedrigere Temperatur mit, als das Gestein unten hat; es behält seine ursprüngliche Wärme um so mehr bei, je massenhafter u. schneller es die Schichten durchläuft. Einige Beispiele von Quellen, die in grössern Tiefen aufgeschlossen wurden, zeigen aber dennoch eine bedeutende Zunahme der Wärme nach unten zu. In Sachsen fand d'Aubuisson (1802) in Grubenstationen von 217—256 M. Tiefe Qu. von 12°5—14°4, während die mittlere Ortswärme 8° war; in der Grube von Huelgoët in Bretagne war bei 230 M. Tiefe u. einer Ortswärme von 11° das Quell-W. 19°7 warm. In der Kupfermine Dolcoath in Cornwallis erhob sich nach Fox (1820) die Quellwärme (27°8) in 439 M. Tiefe um 17°8 über die mittlere Wärme des Ortes. Weit ungeeigneter zur genauen Ermittlung der Temperatur der Tiefen sind die Grubenbäche; sie stehen mit der Oberfläche des Bodens in zu vielfacher Berührung, um nicht grosse Abänderungen ihrer ursprünglichen Wärme zu erleiden. Die Gewässer, welche aus dem grössten Theile der Zinn- u. Kupferminen von Cornwallis hervorströmen, ergiessen sich in einer Menge von 1400 K.F. per Minute in einen grossen Kanal, der sie über ein Thal hinwegführt; ein Arm dieses Kanals führt das 23° warme W. aus 6 Minen von etwa 284 M. Tiefe. Kleinere Grubenpfützen sind auch veränderlich in ihrer Wärme je nach der Berührung, welche das W. mit dem Boden u. der Luft gehabt hat u. je nach der Verdunstung, die es erlitten. Das Wasser der Schöpfwerke kann aus ähnlichen Ursachen um mehrere Grade von der Wärme des Gesteins abweichen; es scheint meistens kälter zu sein, als dieses; doch zeigt sich auch hier die Wärmezunahme nach unten hin. In der Grube Poldice traf Fox W. von etwa 26° (Ortswärme 10°) bei einer Tiefe von 263 M. u. in einer noch etwas tiefern Mine W. von fast gleicher Wärme (1° Zunahme für je 16—19 M. Tiefe); in Devonshire fand man in einer Mine von

220 Met. W. von 19° u. in einer andern von 311 Met. W. von 18°. Nach Saussure (1785) ist das W. der Salzmine von Bex bei 220 M. 17°4 warm. Die in Form grosser See'n stagnirenden Gruben-W. möchten noch der Gesteinswärme am nächsten kommen. Fox fand aber auch hier grosse Differenzen der Wärme-Stufen. Das W. der 161—196 M. tiefen Stationen war 14°4—17°5 warm u. zeigte 1° Wärmezunahme auf je 26—37 M. Tiefe; in gleicher Tiefe von 231 M. traf er W. von 15°6 u. 17°2 in 2 Gruben oder 1° Zunahme auf 41 oder 32 M.. Eine Grube in Cornwallis hatte eine grosse W.-Masse von 26°7 in 329 M. Tiefe (Fox), wogegen in einer andern bei 319 M. nur W. von 17°2 angesammelt war.

Die zweckmässigste Methode, die Wärme tiefer Stellen zu bestimmen, bleibt jedenfalls die unmittelbare Aufnahme der Temperatur im frisch angehauenen Gestein durch Thermometer, die in möglichst tiefe Bohrlöcher hineingebracht worden. Zahlreiche, in Bergwerken der verschiedensten Länder Europa's, Amerika's u. Asiens angestellte Beobachtungen haben nun zuvörderst (mit wenigen, erklärlichen Ausnahmen) das Ergebniss geliefert, dass die Temperatur in derselben vertikalen Richtung zunimmt, je tiefer der Beobachtungspunkt ist, u. dass die Wärme an jeder Tiefenstation derselben Vertikale constant ist, sofern nicht Wetterzug, Infiltrationen oder andere störende Einflüsse einwirken. Aber auch hier ist es nicht gelungen, überall für je 1° Wärmezunahme dieselbe Tiefenstufe zu finden, theilweise gewiss auch aus dem Grunde, weil in den Bergwerken sich eine Menge von Umständen vereinigen, um Anomalien der Wärmevertheilung herbeizuführen. *) Von den Versuchen, welche Cordier anstellte, sind zwei, die sich auf nahe gelegene Punkte von 182 u. 192 M. Tiefe erstrecken u. Wärmen von 17°1 u. 19°5, Tiefenstufen von 28 u. 42 M. ergaben; im ersten Falle schien aber eine Anomalie durch einen Kupfererzgang herbeigeführt zu sein. Fantonetti traf in Goldminen des Thales Anzasca bei 702 M. eine Wärme des Felsens von 16°3. Die Beobachtungen in preussischen Bergwerken (Poggend. Ann. 1831) führten zu dem Ergebnisse, dass die Tiefenstufe für 1° Zunahme für verschiedene Gegenden zwischen 15,6 M. u. 115 M. schwankte; im Mittel war sie 54,1 M.. Auf vielen Gruben des sächsichen Erzgebirges wurden sehr sorgfältige Versuche von Reich (gegen das J. 1831) angestellt; die zuverlässigsten Beobachtungen ergaben hier nur 33,4 M.. Beobachtungen zu Oldham (Irland) ergaben 53,6 M.. Geringer waren die Zahlen, die man in den Kohlengruben von England u. Belgien erhielt, 32,5 u. 37,7 M. **); wie auch in den preussischen Steinkohlengruben die Tiefenstufe fast halb so klein als in Erzgruben war. Cordier fand für zwei Steinkohlengruben sogar nur

*) Wir übergehen ältere Beobachtungen, die in den Minen von Sachsen u. von Cornwallis, in den Vogesen u. zu Bex angestellt wurden. Man findet sie in Naumann's Geognos. I, 1857 u. in Cordier's lehrreicher Abhandlung vom J. 1823 (Annal. des min. II, im Auszuge in *Schweigger's Journ. 1828).

**) Die W. des Mont-Wearmont in Newcastle, eines Kohlenbergwerks, in welchem 1404′ unter dem Meeresspiegel gearbeitet wird, ergaben etwa 30 M. für je 1°.

Nach Huyssen sind für den westphälischen Pläner wohl höchstens 80 (par.?) F. für je 1° anzurechnen. Es wurde dies wohl aus der Temperatur der dortigen Soolquellen geschlossen.

15 u. 19 M.. Diese schnelle Steigerung der Wärme im Kohlengebirge ist wohl einestheils aus den noch in den vegetabilischen Resten vorsichgehenden Zersetzungen, theilweise vielleicht auch aus der schlechten Leitungsfähigkeit der Kohle zu erklären.

Selbst bei der unwahrscheinlichen Annahme, dass die Wärmequelle des Erdinnern überall der Oberfläche eben nahe sei, fehlt es nicht an Erklärungsgründen, warum die Wärme an dem einen Orte schneller als am andern mit der Tiefe zunehmen muss. Die Gesteine sind an Wärme-Capacität u. Wärme-Leitungsvermögen, sowie in Struktur u. Porosität so verschiedenartig, dass eine davon abhängige Differenz der Temperatur an verschiedenen Orten derselben Tiefe zu erwarten ist. In derselben Grube, die theils in Granit, theils in Schiefer betrieben wird, hat man bemerkt, dass der Schiefer eine grössere Wärmezunahme ergibt, als der Granit. Ueber den Einfluss der Erzgänge weichen die Ansichten auseinander. Dazu kommt noch zuweilen die theilweise Abhängigkeit der Innenwärme von der aërothermischen Höhenstufe (der Abnahme der Luftwärme mit der Höhe).

Selbst im Eise u. gefrorenen Boden der nordischen Regionen nimmt man die Wärmezunahme nach unten zu wahr. In einem 116 M. tiefen Brunnen bei Jakutsch in Sibirien, war unten die Temperatur —2°9, während sie 2 M. unter der Oberfläche —17° u. in 30,8 M. Tiefe —6°8 war; die Zunahme der Wärme war also hier sehr auffallend, etwa 1° auf 8 Meter.

Die günstigsten Bedingungen zur Erforschung der Temperatur der Tiefe bieten senkrechte Bohrlöcher, aus denen W. hervordringt, sogenannte artesische Brunnen. Schon während des Anlegens derselben lässt sich die Temperatur der Erde oder des angetroffenen Wassers in verschiedenen Tiefen messen. Bei allen solchen Brunnen hat man nun ein stetiges Anwachsen der Wärme nach unten zu bemerkt. In der Umgebung von Wien wurden z. B. 48 Springqu. in der jüngsten Tertiärformation erbohrt, deren Temperatur um 0°8—3°55 (C.?) die Mitteltemperatur von Wien übertrifft. In der Provinz Artois sind Brunnen von 11°1—14°1 u. etwa 100 M. Tiefe. »In einer Tabelle von 14 Bohrlöchern, die über 100 Meter Tiefe haben, aus den verschiedensten Theilen von Frankreich, führt Bravais (Patria 1846) .... 9 auf, in welchen die einem Grade zugehörige Temperatur-Zunahme zwischen 27 u. 39 Meter fällt.« (v. Humboldt, Kosmos IV.) Ein artesischer Brunnen bei Osnabrück von 456 (par.?) F. Tiefe hat W. von 14°4. Mehrere tiefe Bohrbrunnen zeigen ungefähr dieselbe geothermische Tiefenstufe, während andere bedeutend davon abweichen.

Brunnen, Quellen.	Tiefe in Metern.	C° Grade.	Tiefenstufe.
La Rochelle	123		19,7
Rüdersdorf (b. Berlin)	123	17,1	
Pitzbuhl	148		26,
Rüdersdorf	162	17,7	
Nauheim	177		ca. 6,3
Rehme [1])	188	19,7	
Rüdersdorf	213	19,7	
Prégny (Schweiz)	220		29,7

[1]) „Das Bohrloch zu Neu-Salzwerk bei Rehme liegt in seiner Mündung 217′ über der Meeresfläche; es hat erreicht unter der Erdoberfläche .... 2144′.

Brunnen, Quellen.	Tiefe in Metern.	C° Grade.	Tiefenstufe.
Huelgoët	235		35,
Grenelle (Paris) [2])	248	20.	26,5
St. André (Eure)	253		31.
Rüdersdorf	286	23,5	29,9
Grenelle	298	22,2	
St. Cécile	300		38.
Artern	325		39.
Grenelle	400	23,5	31,5
Rehme	417	27,5	29,4 (zwischen 188—407 M.)
St. Louis [3])	462	23.	45,7
Mondorff [4])	502	25,6	31,
Grenelle	505	26,4	32,5
"	547	27,6	32,3 *)
Rehme	629	31,4	54. (zwisch. 417 u. 629 M.)
"	697	33,6	32, (zwisch. 629 u. 697 M.)

In Rouen kamen 29,5 M. auf je 1° C.

»Die Vergleichung einer grossen Zahl von artesischen Brunnen in der Nähe von Lille mit denen von St. Ouen u. Genf könnte auf einen beträchtlichen Einfluss der Leitungsfähigkeit der Erd- u. Gesteinschichten schliessen lassen, wenn die Genauigkeit der numerischen Angaben gleich sicher wäre. . . . . Im Ganzen scheint die Temperatur-Zunahme schneller in artesischen Brunnen von sehr geringer Tiefe; doch machen die sehr tiefen Brunnen von Monte-Massi in Toscana u. Neuffen im nordwestlichen Theile der schwäbischen Alp sonderbare Ausnahmen.« (v. Humboldt.)

Die Soolqu. ist also 1926′ unter der Meeresfläche. Sie hat eine Temperatur von 32°8 u. da die mittlere Temperatur der Luft in Neu-Salzwerk etwas über 9°6 beträgt, so kann man auf eine Zunahme der Temperatur von 1° C. für 92,4′ oder 30 Meter schliessen.“ (v. Humboldt, Kosmos IV.) Jetzt wird die Mitteltemperatur zu 10°1 angegeben. Die Temperatur des W. gibt v. Oeynhausen auf 33°4 an.

[2]) „Nach den Messungen von Walferdin (1847), dessen Scharfsinn man eine ganze Reihe feiner Apparate zur Bestimmung der Temperatur in den Tiefen des Meeres oder der Brunnen verdankt, liegt die Bodenfläche des Abattoir du puits de Grenelle 36m,24 über dem Meere. Der obere Ausfluss der aufsteigenden Qu. ist noch 33m,33 höher. Diese Totalhöhe der steigenden W. (69m,57) ist im Vergleich mit dem Niveau des Meeres ohngefähr 60 Meter niedriger als das Ausgehen der Grünsand-Schicht in den Hügeln bei Lusigny, südöstlich von Paris, deren Infiltrationen man das Aufsteigen der W. im artesischen Brunnen von Grenelle zuschreibt. Die W. sind erbohrt in 547m (1683 par. F.) Tiefe unter dem Boden des Abattoirs oder 510m,76 (1572′) unter dem Meeresspiegel; also steigen sie im Ganzen 580m,33 (1786′).“ Cf. Arago's Abhandlung in dessen Klein. Schrift. p. 306.

[3]) Zu St. Louis am Mississipi wurde ein artesischer Brunnen von 2199 engl. F. = 670 M. angelegt; der Zufluss des W. geschieht vorzüglich in einer Tiefe von 1515′ = 462 M.; das W. hat eine Wärme von 23°, während die mittlere Temperatur von St. Louis 12°9 ist, also auf 150 engl. F. — 45,7 M. ist erst ein Gewinn von 1° Wärme. Nach einer andern Angabe ist der Brunnen von Louisville in Kentucky 2086′ (wohl franz. Fuss, dann — 678 M.) tief u. gibt ein W. von 24°7.

[4]) Das 730 M. tiefe Bohrloch von Mondorff (Luxemburg) hat auf dem Boden eine Wärme von 27°63 (nach Naumann bei 671 M. Tiefe 34°, was gewiss unrichtig ist), in 502 M. Tiefe, wo es sein W. erhält, eine solche von 25°63; das ausfliessende W. soll 24°75 zeigen. Dies Bohrloch geht durch Keuper, Muschelkalk u. bunten Sandstein.

*) 31,9 nach anderer Berechnung. In 248—505 M. Tiefe ist die Wärme-Stufe 40 M. für je 1°.

Man kann also aus den gemeldeten Beobachtungen nicht schliessen, dass es eine bestimmte geothermische Wärmestufe gebe. Wo die Wärme schnell nach unten wächst, kann man das Aufsteigen von Thermalwässern aus grössern Tiefen, als die Beobachtungsorte liegen, annehmen, wo sie langsam wächst, fliesst vielleic t W. aus obern Schichten zu, das noch nicht Zeit gefunden hat, die Ortstemperatur anzunehmen.

Die bisherigen Berechnungen der Erdwärme in grösseren Tiefen beruhten auf der Annahme, die Wärme nehme nach unten in arithmetischer Proportion zu, *) so dass also die Tiefenstufen in allen Tiefen derselben Vertikale denselben Werth hätten. »Diese Hypothese mag vielleicht für die gewöhnlich erreichbaren Tiefen annäherungsweise zulässig sein, kann aber gewiss nicht das wahre Gesetz der Wärmezunahme ausdrücken, weil sie auf Folgerungen führt, welche durch andere Erscheinungen widerlegt oder doch sehr zweifelhaft gemacht werden. Es ist vielmehr höchst wahrscheinlich, dass die Tiefenstufen in grössern Tiefen auch grössere Werthe erhalten, dass also die Wärmezunahme weiterhin weniger rasch erfolgt u. dass wohl zuletzt eine Tiefe erreicht werden würde, unterhalb welcher die Temperatur bis zum Mittelpunkte der Erde ziemlich constant ist.« (Naumann Geogn. I, 1857). Diese Abnahme der Wärmesteigerung zur Tiefe hin machen die Versuche von Fox, Henwood, Rogers wahrscheinlich, u. sie wird auch durch Beobachtungen an artesischen Brunnen bestätigt.

Es lässt sich also nicht bestimmen, in welcher Tiefe selbst an einem bestimmten Orte eine Wärme herrsche, die der Siedhitze des W. (100°) gleichkommt; die gewöhnliche Angabe, dass schon in einer Tiefe von $^1/_3$ Meile eine solche Wärme sich finde, ist sogar unwahrscheinlich; vielleicht sind $^2/_3$ Meile dazu nothwendig; noch schwieriger ist es zu bestimmen, in welcher Tiefe das Gestein Glühhitze haben müsse.

Dass unter der starren Erddecke, deren Dicke die Geologen auf 16—200 geogr. Meilen annehmen, eine feurigflüssige Masse von wenigstens einigen 2000—3000 Graden Wärme, nämlich der Schmelzhitze von Laven, einst bestand, lehrt uns die sehr allgemein verbreitete u. in allen Zonen vorkommende Erscheinung der urweltlichen Vulkane; dass eine solche feurige Masse noch, wenigstens an manchen Orten unter der Erddecke — vielleicht in grössern Hohlräumen der Erdkruste — besteht, beweisen die noch thätigen Vulkane. Besteht eine solche Quelle von Wärme aber noch an einigen, weit von einander entfernten Orten, so wird dieselbe an den Stellen, wo sie keine offenen Ausgänge zur Peripherie findet oder nie fand, dennoch wohl noch vorhanden sein. Strenge genommen, ist aber der feurigflüssige Zustand der ganzen innern Erdmasse nicht bewiesen. Man beruft sich freilich auf die mit vieler Kraft u. Geschwindigkeit von unten die Erdrinde durchbrechenden warmen Wassermassen, die aus Hunderten von natürlichen u. künstlichen Oeffnungen hervordringen; aber wenige von diesen Wässern (ausser den in vulkanischen Gegenden gelegenen) übersteigen die Siedhitze u., würde selbst ein W. von 200° gefunden werden, so ist von 200° bis zu 2000° noch ein weiter Sprung. Dazu kommen die sehr warmen Wässer, ja die meisten natürlichen Thermen, in der Nähe früherer oder noch thätiger Vulkane vor. Die künstlichen Oeffnungen haben an bisher thermen-

*) Man dividirt bei dieser Berechnung mit der Differenz des Thermometerstandes an der betreffenden tiefen Stelle u. desselben an der Stelle, wo eine constante, mit der Mittelwärme des Ortes identische Temperatur herrscht, die in Metermaass ausgedrückte Entfernung dieser beiden Punkte u. erhält so eine Zahl, die die geothermische Tiefenstufe für je 1° anzeigt.

losen Stellen nur Wässer von einigen 30 Graden geliefert. Von 30, 40—2000° hat also die Phantasie einen grossen Spielraum. Lava-Schmelzhitze an einzelnen Stellen nahe an der Erdoberfläche, eine allgemein verbreitete bis zu 30—40° anwachsende Wärme mit dem Eindringen bis zu grösserer oder geringerer Tiefe u. das häufige Vorkommen warmer Qu.; das sind die Angeln der Hypothese, dass von der Erdkruste an nach innen zu eine ungeheuere Wärmezunahme stattfinde.

Die Erdwärme liegt in vulkanischen Gegenden der Oberfläche viel näher; die dort gemachten Beobachtungen über die Zunahme der Wärme mit der Tiefe müssen daher abgesondert betrachtet werden. Aus diesem Gesichtspunkte ist das auffallende Resultat erklärlich, welches bei Monte-Massi in Toscana gefunden worden ist; im Tiefsten eines 348 M. tiefen Schachtes im Tertiärgebirge zeigte das Gestein 41°7 (bei 370 M. 42°); die geothermische Tiefenstufe war nur 13,5 M. . In der Grube von Valenciana in Guanaxuato (Neu-Spanien, 21° 0′ 15″ Br.), wo die mittlere Luftwärme etwa 16° ist, herrscht unten eine Temperatur von 33°8 in 500 Meter Tiefe; eine dort entspringende Qu. ist noch 3° wärmer. Die Gegend ist aber vulkanisch, denn der Jorullo, der sich 1759 aus der Erde erhob, liegt nur 25 Meilen entfernt u. auch gibt's um Guanaxuato heisse Quellen, die aus einem basaltischen Conglomerate hervorbrechen; die von Comangillas zeigen 96°2 C.. In der Nähe des Lago di Monte Rotondo hat man in 15—20 M. Tiefe schon die Temperatur des kochenden W. erreicht; in dieser Tiefe brechen die Dampfstrahlen mit unwiderstehlicher Gewalt hervor. (Ann. der Chem. XLIX, 267.)

§. 11. Erwärmung des Wassers oberhalb der Meeresfläche im Innern eines Gebirges und unterhalb der Meeresfläche.

Auch hoch über dem Meere ist das Innere der Erde wärmer als durchschnittlich an der Oberfläche. Die Zunahme der Wärme findet dort ungefähr in demselben Verhältnisse statt, wie in der Ebene; nur dass beim Gebirge mehr der Abstand von der Seitenfläche als die senkrechte Tiefe in Betracht kommt. *) In einer Grube von Peru (6°43′ S.Br.), nämlich zu Hualgayoc, fand man die Luft 19°6 warm, obschon der Beobachtungsort etwa 3500 M., das ist fast die Höhe des Pic von Teneriffa, über der Meeresfläche erreichte. Mehr denn 4000 M. über der Meeresfläche fand v. Humboldt die unterirdische Luft um 14° wärmer als die äussere. Nothwendiger Weise nimmt das W., welches ins Innere des Gebirges eindringt, mehr oder minder die dort herrschende Temperatur an. In der Mina de Guadaloupe, die auch in der Höhe von 4000 M. über dem Meere liegt, ist das W. um etwa 4° wärmer als die Luft im jährlichen Mittel. Die Grubenluft in den Planes de San Bernardo in Mexiko, 497 M. unter der Oeffnung des Schachtes, fand man 27° warm; das ist ungefähr die Mittelwärme der Luft des Littorals

*) Eine der schnellsten Wärmezunahmen wurde eben oberhalb des Meeresspiegels bemerkt; es ist dies die in einem Bohrloche zu Neuffen in Würtemberg. Das Bohrloch, welches durch Schiefer u. Basalt geht, zeigt in 339 (385?) M. Tiefe, 18 (35?) M. über der Meeresfläche, eine Wärme von 38°7; die Tiefenstufe ist nur etwa 11 M. für 1°. Die durchbohrten Schichten gehören der Jura- u. Liasformation an. Bischof vermuthet freilich das Dasein warmer aufsteigender Qu., die das Gebirge durchwärmt haben.

am mexikanischen Meerbusen; 45 M. höher bricht eine Qu. von 29°3 aus, in einer Gegend, deren mittlere Luftwärme ca. 16° ist.

Von einigen absteigenden Qu. kann man mit Wahrscheinlichkeit, von andern mit Gewissheit annehmen, dass sie im Innern eines Berges ihre bedeutende Wärme ganz oder grösstentheils annehmen; so von den 51°9 warmen Qu. zu Leuk in der Nähe des 2323 M. hohen Balmhorn, ebenso von den bis 37°8 warmen Qu. zu Warmbrunn unweit eines über 1100 M. hohen Plateaus des Riesengebirges u. von den gleich warmen Qu. zu Pfeffers in einer Meereshöhe von fast 700 M., in deren Umgebung noch an 1600 M. höhere Gipfel liegen. An anderer Stelle werden wir viele Thermen kennen lernen, die in bedeutenden Höhen ausbrechen u. wovon ein Theil gewiss als W. zu betrachten sind, die das Gebirge abwärts durchlaufen u. sich darin erwärmt haben. In den Cordilleren sind W.-Ansammlungen in 3000—3300 M. Höhe nicht selten; gehen von ihnen Abflüsse in den Kern des Gebirges hinein, so können sie im Niveau des Meeres heiss zum Vorschein kommen. Es ist also natürlich, wenn benachbarte Gebirgsquellen um so wärmer sind, je tiefer sie ausbrechen. So bemerkt Boussingault, dass die Trincheras-Qu. bei Puerto-Caballo (Venezuela), welche fast im Meeresniveau liegt, 97° warm ist, wogegen die schon 476 M. hohe Qu. von Mariara nur 64° u. die schon 702 M. hoch gelegene Therme von Onoto blos 44°5 zeigt. (Annal. de Chim. 1833, LII.)

Auch bei den Qu., von denen angenommen werden muss, dass sie mehr oder minder tief unter der Meeresfläche u. der Sohle des Quellortes verlaufen, die aber durch den Druck einer W.-Masse getrieben werden, welche sich über der Meeresfläche in einem Gebirge ansammelt, geschieht die Erwärmung theilweise schon über dem Meeresspiegel, u. der Umstand, dass nahe beieinander ausbrechende, im Gehalte jedoch verwandte Sprünge, in der Temperatur oft sehr abweichen, lässt sich wohl durch die Voraussetzung erklären, dass die weniger warmen Qu. nicht so tief ins Gebirge eindringen als die wärmern.

Auch kalte Qu. nehmen ohne Zweifel an der Innenwärme der Gebirge Antheil; doch scheint es, dass je nach der Art u. Zerklüftung des Gesteins sehr verschiedenartige Verhältnisse vorkommen.

Bei den Qu. im Kalksteine des Salzkammergutes zeigt sich, dass die verschiedenen Tiefen der innern Gebirgsmasse, durch welche die einzelnen Qu. verlaufen, keine grossen Unterschiede in der Temperatur der letztern hervorrufen. Bei den vielen, im Nordfuss des Dachsteingebirges hervorbrechenden Wässern, die sich theilweise mitten in dem 1600—2760 M. hohen, über 4 Stunden breiten, Karstähnlichen Plateau ansammeln, in ihrem Verlaufe mithin die innersten Schichten des Gebirgsstockes durchwandern müssen, ist doch der Eindruck erhöhter Erdwärme durchaus nicht wahrnehmbar. Die Qu. halten sich in der Meereshöhe von 520—530 M. im Sommer u. Winter auf 6—7°. Im Dachstein-Gebirge ist eine Temperatur-Zunahme von je 1° von der Oberfläche nach dem Innern zu wohl kaum in geringerer Tiefe als in je 43—104 M. anzunehmen. (Simony in Poggendorf's Ann. XVIII, 1849.) Man vermuthet, dass Eishöhlen, wie sie in Höhlenräumen mit starkem Luftzuge nicht selten sind, die W. abkühlen

Wärme der aufsteigenden Quellen. Die meisten europäischen Thermen sind offenbar aufsteigende Qu., die von einem tiefern Orte herkommen müssen, als der Ausfluss liegt. Sie können, wie gesagt, sowohl im Kerne eines

grössern Gebirgsrückens gleich den absteigenden Qu. erwärmt worden sein, als auch ihre Wärme in der Erdtiefe erlangt haben. Sollen sich die W. in der Tiefe erwärmen, so müssen sie in eine Region gelangen, wo zum mindesten die Temperatur herrscht, welche sie annehmen sollen. Aus einer Tiefe von mehr als 3—5000 Meter braucht wahrscheinlich selbst ein siedend heisses Quellwasser nicht hervorzukommen, weil dort schon bei gewöhnlichen Verhältnissen Siedhitze herrschen wird, es müsste denn nur in schnellem Laufe durchströmen, ohne dass die Zeit zur Erwärmung genügte. In diesem Falle könnte das W. mit einer geringeren Wärme erscheinen, als der Tiefe, in welcher es gewesen ist, entsprechen würde. Im Allgemeinen wird das W. aber in der Tiefe mannigfach gestaltete u. zerklüftete Höhlen u. Gänge u. in denselben eine sehr grosse, durch langes Verweilen in dieser heissen Gegend schon erwärmte W.-Masse antreffen.

Wenn das zuströmende W. selbst aus einem grössern W.-Behälter kommt, wie dies zur Unterhaltung der stark fliessenden Qu. eine nöthige Bedingung ist, so wird es schon eine beständige Temperatur angenommen haben, ehe es in den tiefern W.-Behälter gelangt. Hier wird es wieder mit einem W. vermischt, dem von de Umgebung aus immer eine gleiche Wärme zuströmt, es wird also nur sehr geringen Schwankungen hinsichtlich der Wärme, die es vor seinem Aufsteigen annimmt, unterworfen sein. Da der Zufluss des W. sich so ziemlich gleich bleibt, indem der Wechsel der meteorischen Niederschläge nur von geringem Einfluss auf den W.-Stand im W.-Reservoir am Anfange des Quelllaufes ist, u. auch die W.-Masse in der Tiefe nicht wechselt, lässt sich die Gleichförmigheit der Temperatur der Thermen leicht erklären.

§. 12. Wärme-Verschiedenheit der Quell-Aeste desselben Ortes.

Die Aeste derselben Quellgruppe sind in der Temperatur zuweilen ziemlich gleich, öfters aber sehr verschieden, selbst wenn sie im Gehalte fast identisch sind. Dies ist z. B. der Fall mit der wärmern Kaiser-Qu. u. der ergiebigeren Rosen-Qu. in Aachen, die, obwohl sie etwas von einander entfernt sind, in innigem unterirdischem Zusammenhange stehen u., wenn nicht im Schwefel-Gehalte, doch im Salzgehalte fast ganz gleich sind. Sehr oft ist die Differenz der Quellwärme der verschiedenen Aeste viel bedeutender als die der chemischen Mischung, so dass man nicht wohl den Unterschied des kältern u. des wärmern W. durch Zutritt von Wildwasser zum mineralischen erklären kann. In Burtscheid differirt die unterste Qu. (28°) von der obersten (74°) um 46°, während jene doch nur um 1/4 im Gehalte schwächer ist als diese, wovon sie 1077 M. entfernt ist. Will man annehmen, dass diese beiden W. auch an den tiefsten Punkten ihres Quellbettes ebenweit in senkrechter Richtung auseinander liegen, so würde sich hier eine Tiefenstufe von 23,4 M. für je 1° ergeben; eine grössere aber, wenn man annimmt, dass die an Ergiebigkeit, Wärme u. Salzgehalt schwächere Qu. einen guten Theil ihrer Wärme schon verloren hat. Wo derartige, an Wärme verschiedene, aber in der Mischung sehr ähnliche Quell-Aeste sich vorfinden, kann man wohl annehmen, dass das W. sich in demselben Sammelbecken

schon mineralisirt vorfand, ehe es in einzelnen Zweigen in die tiefern Erdschichten gelangte, wo es sich verschieden stark erwärmte, oder dass die ursprünglich an einer höher oder tiefer gelegenen Stelle vereinigten mineralisirten Wässer sich in Zweige vertheilten, die auf einem längern oder kürzern Lauf sich mehr oder minder abkühlten. Nimmt man die Abkühlung am Ende des Quelllaufes an, so darf deren Grösse nicht im Missverhältniss stehen mit der Entfernung der Quell-Aeste von einander u. dem Unterschiede in der Wassermenge, überhaupt mit den Bedingungen, welche die Abkühlung voraussetzt. Vgl. den nächsten §. Ueber den Zusammenhang des Grades der Mineralisirung mit der Quellwärme s. Hydro-Chemie S. 33.

§. 13. Abhängigkeit der Wärme von der Wassermasse und der Ursprungshöhe.

Schon Scheuchzer (Naturgesch. der Schweiz) bemerkt, dass die meisten Bäder der Schweiz (Pfeffers, Baden, Leuk) in tiefern Thälern liegen, wo die Erdwärme sich besser als anderswo conservirt hat.

Die sehr warmen Qu. pflegen sehr wasserreich zu sein.

Die heisseste Qu. Frankreichs ist die Par-Qu. (81°5) zu Chaudes-aigues, welche zu 230—375 K.M. täglich in 2 Malen gemessen worden ist. — Die heisseste Qu. von Mitteleuropa ist eine von Burtscheid (74°6); sie spendet 178 K.M. täglich. — Der Karlsbader Sprudel (71°, ja im Sprudelgewölbe vielleicht über 75° besitzend) mit seinen Nebenöffnungen gibt jedenfalls 1600, vielleicht auch 3250 K.M. täglich. — Die Quellwärmen der Thermen von Ofen, worunter eine solche mit 72—120000 K.M. täglicher W.-Menge ist, ist nicht genau bekannt, doch geht sie bei einigen Thermen über 60°; es scheint hier freilich nicht die wasserreichste Qu. die wärmste zu sein.

An vielen Orten wird man die Bemerkung bestätigt finden, dass der wasserreichste Ast einer Quellgruppe auch der wärmste ist, u. dass im Allgemeinen die übrigen der Abnahme der Menge entsprechend auch weniger warm sind.

Dieselbe Beziehung der Masse zur Höhe der Temperatur der einzelnen Qu. wies *Nivet für Chaudes-aigues, Vichy, Montdore, Murat-le-Quaire, Chateau-neuf u. Châtel-Guyon nach (Etud. sur les eaux min. 1850, 59). —

Zu Montdore übertreffen die drei reichhaltigsten die übrigen an Wärme; zu Escaldas u. zu St. Antoine de Guagno ist die stärker fliessende zweier Qu. auch jedesmal die wärmste. —

Zu Bains ist die ergiebigste Qu. 51°, die andern sind höchstens 35° warm.

Zu Plombières geben die 3 wärmsten Qu. täglich 40 K.M. von 69°49, viele minder warme Qu. 502 K.M. von 56°82, viele lauen Qu. 113 K.M. von 29°64, u. noch 75 K.M. von 12°08. —

Zu Bourbonne haben zwei zusammenhängende Qu. 65°, eine in der W.-Menge zwischen beiden stehende 55°. —

Auch zu Karlsbad entspricht ungefähr, mit Ausnahme des sehr hoch liegenden Schlossbrunnens, die Temperatur der Masse, obwohl die Ergiebigkeit schon sehr schwanken kann, ohne dass die Temperatur sich merklich verändert. —

Zu Ems sehen wir, dass die ganz schwachen Qu. von 72—415 K.F. täglich, mit Einer Ausnahme, auch nicht über 44°, mehrere nicht über 30° hinauskommen; unter den andern mit 1000—3000 u. mehr K.F. ist auch die wärmste von 55°. —

Zu Gastein ist die zu unterst entspringende Hauptquelle mit 100000 K.F. täglicher W.-Menge 48°1 warm, die 10080 K.F. liefernde Kaiserfranzquelle 47°5 u.,

nachdem ihr Zufluss durch Einrichtungen an der folgenden Qu. etwas kleiner geworden, nur 45°. Die Fürsten-Qu. mit 16000 K.F. (13680 nach Eble) zeigt 46¼°; 45 F. unter ihr entspringt mit 3053 oder 3600 K.F. W. die 45 oder 47°5 warme Doktor-Qu.; die 3840 K.F. gebende, 39 F. über der Haupt-Qu. liegende Chirurgen-Qu. zeigt 45°. Dann folgen 2 Qu. mit 960 u. 800 K.F., 41¼ u. 35° Wärme. —

Die Haupt-Qu. von Teplitz hat 49°4; nahe daran liegen 2 Frauen-Qu. mit 47°5 u. 46°25, erstere etwa die Hälfte, letztere aber nur etwa ¹/₁₈tel des W. der Haupt-Qu. liefernd, die vierte etwa ¹/₂₀tel u. die fünfte etwa ¹/₃₀tel der Haupt-Qu. spendend, sind 43°75 warm; 2 andere übertreffen die letztere an Reichhaltigkeit bedeutend, haben aber eine etwas geringere Temperatur, nämlich 30°75 u. 40°. Mehrere Qu. hängen unterirdisch zusammen, so dass die Stauung der einen die W.-Menge der andern vermehrt. Die nur 31°2 warme Wiesen-Qu. ist sehr schwach.

Freilich ist diese Regel, dass die Wärme sich nach der W.-Menge richtet, nicht auf alle einzelnen Qu. eines Ortes durchgreifend; es gibt davon manche Ausnahmen.

Bei den Qu. von Ofen stimmt z. B., soweit wir bis jetzt davon unterrichtet sind, W.-Menge u. Wärme wenig miteinander.

Da die tiefern Qu. eines Ortes eben die wasserreichern zu sein pflegen, so werden sie im Allgemeinen auch die wärmern sein. Fontan machte schon die Beobachtung, dass, wo die Aeste einer aufsteigenden Qu. in verschiedener Höhe ausbrechen, die Abkühlung der obern ziemlich schnell erfolgt. Oder sind darum die höher gelegenen Qu. die minder warmen, weil ihr W. weniger tiefe Erdschichten durchlaufen ist? Es kann aber auch der Fall sein, dass die wasserreichste Qu. den stärksten Auftrieb hat, u. also auch die höchste Qu. die wärmste ist, oder dass, um höher zu kommen, das W. einer grösseren Wärme u. Spannkraft der Dämpfe bedarf.

Es vermindert sich zu Bagnères de Bigorre bei den einzelnen Qu. die Temperatur mit ihrer Höhe; zwei derselben haben 51°3, eine 120 M. höher liegende nur noch 46°5, eine vierte dazwischen liegende 48°3. Jedoch macht Fontan selbst auf Anomalien in jener Regel aufmerksam, nämlich zu Cauterets. Wie zu Cauterets die wärmern Qu. höher liegen als die kältern, so ist es nach *Marchant durchgehends (?) an allen Orten, wo mehrere Thermen fliessen; so ist zu Bigorre die Reine-Qu. die höchste u. die wärmste; ähnlich verhält sich die Grotte supérieure zu Luchon. Marchant erklärt sich dies dadurch, dass er annimmt, je senkrechter die Spalten heraufreichten, um so leichter könnten die warmen Dämpfe aufsteigen.

§. 14. Ueber die Beständigkeit der Quellwärme.

Geologische Beobachtungen u. astronomische Berechnungen vereinigen sich in dem Satze, dass die Erdwärme in historischen Zeiten keine merkliche Abnahme erlitten hat; daraus darf man denn auch wohl schliessen, dass die von der allgemein verbreiteten Erdwärme abhängigen, nicht mit wechselnder vulkanischer Thätigkeit zusammenhängenden Thermen in dem Zeitraume von ein paar tausend Jahren keine wesentliche, höchstens eine zufällige Verminderung der Wärme erfahren haben.

Fourrier meinte berechnen zu können, dass die Sonnenwärme, die zur Erde gelangt u. in ihre Oberfläche eindringt, ausreiche, den fortwährend an den Polen stattfindenden Wärmeverlust zu ersetzen u. einen Gleichgewichtszustand in Betreff der Erdwärme zu erhalten. Auf sicherere Grundlagen scheinen die Rechnungen von Laplace zu rühren, die aus Angaben der Chaldäer u. Araber über das Fortrücken des Mondes in der Länge des siderischen Tages von damals gegen jetzt, d. h. in 2000 Jahren, noch keinen Unterschied von dem hundertsten Theil einer

Sekunde herausstellen. Er schliesst daraus, dass die Erdtemperatur in 2000 Jahren noch nicht um $^1/_{170}$ Grad Celsius sich vermindert habe, weil durch eine solche Verminderung das Volumen u. die Umdrehung der Erde merklich verändert worden sei. Ein ähnliches Resultat hat aber auch Fourrier erhalten u. nachgewiesen, dass im Verlaufe von mehreren Jahrhunderten der Verlust an Centralwärme noch nicht $^1/_{288}{}^0$ betragen haben könne.

Dürften nicht vielmehr einige Thermen, die eine grosse Menge von Salzen, namentlich Gyps, hinaufführen, dadurch wärmer geworden sein, dass sie sich vertieft haben? Es sollen z. B. die Badener Thermen in der Schweiz nach Minnich jährlich etwa 2,5 Millionen Kilogr. Salze, wovon etwa $^1/_3$ Gyps ist, nach oben bringen; eine solche Salzmasse entspricht aber einem Würfel von mehr als 10 M. Seite. Ohne behaupten zu wollen, dass dies grade bei Baden der Fall ist, wird es doch wahrscheinlich, dass derartige W. mit der Zeit eine grössere Tiefe erreichen u., wenn die Theorie, dass die Wärme von unten ausgeht, richtig ist, auch wärmer werden müssen. —

Viele der jetzt fliessenden Thermen waren im hohen Alterthum schon bekannt u. ihre Benutzung reicht bis in die mythologischen Zeiten hinauf. Die von den Griechen u. Römern angeführten zahlreichen warmen Qu. sind meistens noch vorhanden. (Cf. Geschichte der Balneologie.) Hippokrates erwähnt die warmen der Insel Milos u. Herodot die noch jetzt 85° warmen W. der Thermopylen. Die Aquae calentes von Chaudes-aigues haben noch 80° Wärme. Die Qu. von Sinuessa, tepens nach Sil. Ital., ist immer noch lau u. die reiche Salz-Qu. des Helenabades von Kenchreae, nach Pausanias von der Temperatur eines W., das warm zu werden beginnt, ist auch jetzt nach Landerer nur fast 29°. Zu Uriage wurde unter den Ruinen des jetzt nur 27° warmen Römerbades ein Ofen gefunden, als Probabilitäts-Zeuge, dass auch das W. in den Römerzeiten ungenügend warm war. *)

Noch weniger scheint in einem Zeitraum von ein paar Jahrhunderten, soweit die vor Erfindung des Thermometers gemachten ungefähren Angaben Schlüsse erlauben, eine bedeutende Temperatur-Abnahme stattgefunden zu haben. **)

---

*) Wahrscheinlich dagegen ist es, dass Eine der Quellen des Skamander, die nach Marmont jetzt 17°3 warm sind, ehemals wärmer war, als Homer (Odyss. XXXI, 6) sang „von den schönfliessenden Quellen, den zwei Sprüngen des wirbelnden Skamander; die eine mit warmem Wasser (ὕδατι λιαρῷ ῥέει), aus welcher rundum Dampf aufsteigt, wie vom brennenden Feuer", denn, sagt schon *Athenäus (Deipnos. II) „soll ein W. nur lau sein, aus dem ein feuriger Dampf u. siedender Rauch sich erhebt?"

Von den Qu. der Aquae Sextiae, Aix (Bouches du Rhône) sollen einige schon zu Strabo's Zeit erkaltet sein u. ihre Kraft verloren haben; was sich aber durch eine Communication dieser Wässer mit kaltem W. erklärt. S. weiter unten.

**) Z. B. war das W. von Bryg im Walliser Gebiete, welches jetzt 46°2 hat, vor 3 Jahrhunderten auch nicht wärmer als der Körper ertragen kann u. das von Leuk, dessen höchster Wärmegrad etwa 50° ist, war damals so, dass man den Finger darin eintauchen, aber nicht lange darin halten konnte. (*Baccii De therm. 1553.) Die wärmste Qu. von Valdieri, jetzt bis 64° warm, war gegen das J. 1718 so warm, dass die Finger ihre Hitze kaum ertrugen u. die Lippen deren Berührung erst nach einigem Zögern zuliessen; Eier wurden darin nicht ganz hart gekocht. (*Fantono Therm. Vald. 1725.) Eiweiss gerinnt angeblich zwischen 63 u. 73°. In der Qu. Burtscheids, die an der heissesten Stelle 74°6 zeigt, wird das Eiweiss eines hineingehaltenen Hühnerei's aber nicht hart; *Blondel schrieb vor zwei

Dennoch hat man nicht selten an den warmen Qu. Veränderungen der Temperatur mit dem Thermometer nachweisen können.

Wenn die Thermal-Quellen mit kaltem W. in Communication stehen, so tritt eine Erniedrigung der Temperatur ein, zu den Zeiten wo das kalte W. in stärkerem Maasse zufliesst. Sehr oft ist infiltrirendes Regenwasser Ursache einer derartigen, kürzere oder längere Zeit dauernden Erniedrigung der Temperatur.

So ist zu Evaux neben 2 Qu. von 45 u. 59° eine andere zwischen 30 u. 45° wechselnde; den Tag nach einem heftigen Regen, besonders im Winter, fällt sie um 10—12°. — Zu Barèges sollen die Qu. im Frühjahr durch Infiltration geschmolzenen Schnees viel kälter als sonst sein. — Die Sextius-Qu. zu Aix wechselt von 34°2—36°7; das W. der Bäder wird weniger heiss, wenn das Regen-W. Zutritt hat. — Die Alaunqu. von Aix in Savoyen wird nach Regen u. im Winter um 5—6° kälter. Der Regen u. der Schnee geht in der Nähe des Felsens St. Victor hinunter. Die Schwefel-Qu. nimmt nach Regen langsamer als die Alaun-Qu. zu.

Die Verbesserung der Quellfassung führt dann, indem sie das kalte W. abhält, eine Erhöhung der Thermalwärme herbei.

Wo eine Communication der warmen W. mit benachbarten minder warmen oder gemeinen Brunnen besteht, kann eine stärkere Erschöpfung der W. eine Temperatur-Erniedrigung herbeiführen. Zu Aachen, wo solche Verhältnisse bestehen, kam das W. des durch eine Lokomobile auf tieferem Niveau gehaltenen Kaiserbrunnens in viel grösserer Menge, aber merkbar kälter hervor.

Dass zu Zeiten grösserer atmosphärischer Niederschläge das W. auch aus dem Grunde kälter aus der Qu. hervorkommen kann, weil es bei höherm W.-Drucke die Erdtiefen schneller durchläuft, wäre wahrscheinlich, wenn das hineingehende W. nicht einen grossen W.-Vorrath anträfe, mit dem es sich vermischt. Eher noch dürfte der stärkere W.-Druck durch schnellere Hervortreibung des tiefern, bereits erwärmten Wassers das Gegentheil bewirken.

Bedenkt man, dass durch Erdbeben die Wassergänge verengt, zugeworfen u. verlegt werden können, dass durch neu entstandene Spalten neue Communicationen des kalten W. mit dem warmen geschaffen oder dass dabei Erdmassen ins W. hineinfallen können, dann wird es nichts Auffallendes mehr haben, dass bei manchen Erdbeben die Thermalwässer einen Theil ihrer Wärme, sei es für eine kürzere oder längere Zeit, verloren haben. Doch ist nicht zu verschweigen, dass die meisten solcher angeblichen Veränderungen einer gehörigen historischen u. physikalischen Sicherheit entbehren.

Schon im J. 1616 sollen die Thermen von Bagnères de Bigorre durch ein Erdbeben kälter geworden sein. Im Juni 1660 sollen sie während eines Erdbebens in den Pyrenäen erkaltet sein, was ich bereits bei Kircher (a. 1678, p. 278)

Jahrhunderten ebenfalls, dass das Eiweiss der ins dortige warme W. gelegten Eier nicht ganz hart werde; er konnte sie aber damals wohl nicht in die Qu. legen, sondern nur in einen etwa 1° weniger warmen Abfluss.

Niemand wird die historische Bemerkung glaubbar finden, die zu Unterschächen ehemals an der Wand zu lesen war: „A. 1414 inventum est hoc balneum a magistro Leopoldo, artis magicae professore, qui et an. 1450 hoc, quod a natura erat calidum, ex mera malitia et perversitate subvertit. Extructa haec domus est a. 1495.“ Das W. ist jetzt nicht mineralisch.

von einer sehr warmen Qu. erwähnt finde. Auch das Lissabonner grosse Erdbeben soll Schuld gewesen sein, dass die Thermen von Bigorre fast ganz kalt wurden (James). — Im Jan. 1840 verloren die Qu. Reine u. Salies 2°5 an Wärme, während sie bedeutend ergiebiger wurden; zwei Tage lang brachten sie Eisenschlamm mit hervor. (Dict. des eaux.) — Zu Gastein soll sich 1806 eine ähnlich begründete Temperatur-Erniedrigung gezeigt haben, dem aber von anderer Seite widersprochen wird. — Gegen 1806 verminderte sich nach Baumgartner (*Naturlehre 1836, 715) die Wärme der Karlsbader Qu. bei einer Erd-Erschütterung bedeutend (?), kehrte aber nach einiger Zeit mit der vorigen Stärke zurück. Daran kann man die Bemerkung von Tilling anschliessen, dass im J. 1755 — die Zeit ist nicht genauer angegeben — der neue Sprudel um etliche Grade, der Mühlbrunn um etwa 2°5 kühler war, während der alte Sprudel u. der Neubrunn einen kaum merklichen Unterschied zeigten. — Zu Aix, wo man auch in den J. 1755 u. 83 Veränderungen an den Qu. aus ähnlicher Ursache bemerkt haben will, sollen sie auch im J. 1822 zur Zeit eines Erdbebens 6 Stunden lang kalt u. zugleich durch schleimige Massen trübe aschfarben gewesen sein. — „Nach dem grossen Erdbeben von 1822 blieben die Thermen von Cauquennes aus u. das W. kehrte ein ganzes Jahr lang nicht zurück. Ich bezweifelte die Veränderung der Temperatur, aber die Einwohner bestanden darauf. Sie hatten freilich ein merkwürdiges Thermometer. Es ist nämlich in diesem Lande der Brauch, ein Huhn zu brühen, ehe es gerupft wird: sie urtheilen nun nach der Leichtigkeit, mit der diese Operation während der zwei Perioden vollzogen werden konnte." Auch das Erdbeben von 1835 afficirte diese Qu. sehr, indem ihre Temperatur sich plötzlich von 118 auf 92° F. (33°3 C., von 43° auf 32°2 nach Darwin) veränderte. (Caldcleugh Phil. Transact. f. 1836.) Diese Thermen kommen bei St. Jago in Chili auf einer Verwerfungslinie mit beträchtlicher Gasentwicklung zum Vorschein. — Zu St. Sauveur soll am 18. Aug. 1854 eine heisse Qu. kalt geworden sein, während eine andere verschwand; Beides, glaube ich, als Folge eines Erdstosses.

Zuweilen mag die bei erhöhter Luftwärme von der Erdoberfläche angenommene grössere Wärme die Möglichkeit der Abkühlung in den obersten Erdschichten vermindern.

Die wasserreichen, 54—69° warmen Qu. Gurgitello's sollen nach De Monti's Versicherung während anhaltend heisser u. trockener Witterung noch wärmer, einige dann 75° warm hervortreten. Die M.Qu. zu Bourbon L'Ancy sind einzeln 45—57°5 warm; in der warmen Jahreszeit 4—5° wärmer. Die Qu. Chaldette, gewöhnlich 30° warm, stieg am 12. Aug. 1835 nach Roussel auf 34°. Nach Molin's Versuchen sinkt dagegen die Temperatur der dortigen, 30—56° warmen Qu. im Winter u. bei Regenzeit.

Bei den meisten Beispielen, die man für eine solche Abhängigkeit der Temperatur von der Wärme der obersten Erdschichten anführen könnte, ist es aber sehr zweifelhaft, ob die Ursache der gesteigerten Quellwärme nicht eher von der Verminderung der atmosphärischen Niederschläge u. darin begründeter Verringerung des zutretenden Wildwassers abhängig sein dürfte. Bei nur einigermassen reichlichen Thermen hat gewöhnlich die Luftwärme keinen nachweisbaren Einfluss, wenn man die Quellwärme zunächst dem Ursprunge misst.

Ein grosser Theil der Temperatur-Veränderungen bei den Qu. lässt sich aber auf eine Verminderung der Abkühlung bei einem stärkern Flusse des W. zurückführen. Besonders wirkt das Auspumpen der Brunnen, in denen das W. längere Zeit der Abkühlung ausgesetzt bleibt, günstig auf die Erhöhung der Wärme ein. Bei vermehrter Schnelligkeit der Strömung nimmt die Mittheilung der Wärme an die Wände der Behälter u. an die Luft im Verhältnisse ab.

Die neue Qu. zu Ems, die frühern Angaben zufolge 53°75 gezeigt haben soll, fand Fresenius, als (1851 April) das Auspumpen erst einige Minuten begonnen hatte, 46°5 warm, als es mehrere Stunden fortgesetzt worden war, 1° mehr. Zu Deutsch-Altenburg soll die Temperatur von 26°25, im Sommer oder wenn ausgiebig geschöpft wird, auf 28°1 steigen. *Gräfe bemerkt, dass die Temperatur der Therme Subveni homini während der Zeit, wo ihre W.-Menge behufs der Zubereitung vieler Bäder in Anspruch genommen wird, nach del Giudice bis auf 37°5 steigen soll, während er sie im April fast 12°5 kälter antraf. Harless führt diese Beobachtung in folgender Weise an: „Die Temperatur des W. fand del Giudice zwischen 27°5—35° variirend u. er versichert, dass dieselbe zur Zeit des Badens bis auf 41°25 steige; er habe dasselbe in den Bädern von Ischia u. della Fontana gefunden." Freycinet fand im April zu Gréoulx nur 34°9, während in der Badezeit die Temperatur 38°75 ist. Ebenso hört man allgemein von den Badewirthen in Burtscheid, deren Bäder von Pumpen versorgt werden, dass im Sommer das W. wärmer hervorkomme, als zu den Zeiten, wenn wenig gepumpt werde.

Bei Hochwasser können die Thermen aus zweierlei Gründen wärmer werden; erstens weil dort, wo sich aus dem in die Erde hineingegangenen W. eine Drucksäule bildet, die Grösse des Wasserdruckes anwächst u. bei grösserem Drucke mehr W. aus der Erdtiefe hervorkommt u. dieses zugleich schneller fliesst u. deshalb der Abkühlung weniger unterworfen ist; zweitens aber in gewissen Fällen auch deshalb, weil der höhere Stand des kalten Wassers am Quell-Ausgange wärmere Quell-Aeste am Ausfliessen behindert u. das wärmere W. nach dem andern Quell-Aste hintreibt, wo dann dieser bei der Messung wärmer befunden wird. *) Zu Klein-Pösteny zeigt die heisseste Qu., die sonst wohl nur 55° hat, 61°25, wenn die Waag hoch geht (Beer). Vielleicht ist etwas Aehnliches zu Monfalcone am adriatisahen Meere der Fall, wo ein salziger Bergstrom einer Berghöhle zur Zeit der Fluth wärmer (38°7 warm) u. tiefer (wasserreicher?) als sonst sein soll. Sehr lehrreich ist in dieser Hinsicht das Verhalten der Thermen von Balaruc, in einer Ebene am Salzsee Thau, der wieder mit dem Mittelmeere in Verbindung steht. Die Menge des salzigen Quellwassers vermehrt sich jedesmal, wenn Südwinde das Meer in den See treiben. Die gewöhnlich 47—50° warme Qu. hatte aber am 12. Sept. 1832 nur noch 35° Wärme, als 10—12 Tage Nordwest geweht hatte, die Hospitalbäder fielen auf 28°7, so dass die Kranken sie verliessen, zugleich war die Wassermenge vermindert. Dies hing alles davon ab, dass der Wind das W. aus dem See weg zum Meere hingetrieben u. den Gegendruck des kalten W. vermindert hatte. Aehnliche Erfahrungen hatte man 1775 u. 1818 gemacht. Die Qu. muss bei Zeiten wohl noch wärmer sein, als oben angegeben wurde, denn Tissot fand gegen 1780 die Temperatur fast 53°75.

Einen eigenthümlichen Zusammenhang der Thermen von Aix (Bouches du Rhône) mit einem kältern W. im Becken von Barret werden wir an einer spätern Stelle näher erörtern. Wenn das kalte W. zu Barret fliesst, versiegen die Thermen von Aix. Als starke Märzregen stattgefunden, fand

---

*) Grosse Schwankungen in der Menge u. Wärme des W. erfahren die Herkulesbäder bei Mehadia, z. B. schwankt eine dortige Qu. — u. sie ist nicht klein, denn man schätzt ihre Ergiebigkeit auf 1394000 K.M. jährlich — von 17°—41°. Dieser Wechsel hängt zusammen mit dem W.-Stande im Flusse; die Qu. wird wohl wärmer sein, wenn sie viel W. gibt.

man, bei einer Steigung der W. von Barret (u. eines warmen Brunnens der Umgebung) um fast 1 Met. am 14. April, dass die Temperatur seit einigen Tagen wuchs.

Zuweilen scheint schon die Abnahme des Luftdruckes hinzureichen, eine Qu. ergiebiger u. wärmer zu machen. *)

Wenn eine Therme zu Zeiten Ausbrüche macht, so pflegt bei stärkerm Ausflusse das W. wärmer zu sein, als bei vermindertem. Bei den Hammam Meskoutin in Algier gibt es eine intermittirende Therme, die nach 10 Minuten dauernden Eruptionen jedesmal kaum 1—2 Minuten ausruht; die Temperatur steigt von 65° in der Ruhezeit auf einen bedeutend höhern Grad, 95—96°, in der aktiven Periode. Auf die Geyser, deren zeitweise im Strahle ausbrechendes W. abgekühlt ins Quellbassin zurückfliesst u. dort ruht, bis es von unten auf wieder bis zu dem Grade erwärmt worden, der zur Explosion hinreicht, kommen wir später zurück. **)

Vulkanische Ausbrüche sind nicht selten mit einer Erhöhung der Wärme der benachbarten Quellen verbunden, sei es nun, dass eine Vermehrung der ins W. tretenden Dämpfe ***) oder der Wassermasse selbst

*) „Il est très difficile de dire“ sagt Duval (Plomb. 1839) „pourquoi ces eaux éprouvent des variations dans leur chaleur. Lemaire est le premier qui ait fait attention a ce phénomène. Dans les années 1743, 1744 et 1745 il s'assura par un grand nombre d'observations, que les eaux sont plus chaudes aux approches de la pluie, et moins chaudes aux approches du beau temps. Malouin, en 1746, a constaté que la température des sources thermales de Plombières n'est pas toujours la même, qu'elle augmente ou diminue en proportion des changements de temps et de la différence du poids de l'atmosphère.“ (Duval setzt hinzu, dass die Dampfbäder bei Nordwind kälter seien, als bei Süd-West, welcher die Dämpfe in den Kanal der Qu. zurücktreibe. Der Unterschied betrage zuweilen 3°7.) Heyfelder führt noch Jacquot als Beobachter an. Im J. 1805 soll eine dortige Qu., welche jetzt 59°4 zeigt, 63°7 gehabt haben. *Tissot fand vor 1781 die Temperatur der Crucifix-Qu., welche jetzt 49°5 hat, zu 40° R. = 50° C.

**) Was bei den Geysern in grossartigem Massstabe geschieht, nämlich dass vor dem Ausbrechen der Dämpfe die Temperatur erhöht wird, findet in weniger merklicher Weise vielleicht auch bei andern Thermen statt, wenn mit dem aufsteigenden Gase das W. der Tiefe schneller nach oben geführt wird. „So oft“ bemerkt Löwig von den Thermen zu Baden in der Schweiz „eine stürmische Entwicklung der Gasblasen stattfand, glaubte ich ein Steigen des Thermometers zu beobachten. Als ich den Arm tief in die Qu. hielt, konnte ich bei geschlossenen Augen jedes Mal durch das wärmere Gefühl bestimmen, wenn die Gas-Exhalation stattfand. Jedoch ist Täuschung sehr leicht möglich. Es möchte schwer zu erklären sein, wie die Gasblasen, welche sich durch das W. hindurchdrängen, nicht die gleiche Temperatur mit dem W. zeigen können.“ Gewiss ist die Annahme einer Differenz der Wärme des Gases u. des W. unstatthaft. Es ist aber leicht zu erklären, wie die Gase das W. aufrühren u. wärmere W.-Schichten nach oben bringen. Etwas Aehnliches wurde von mir bei kalten Wässern bemerkt. S. oben.

***) Obschon der Vesuv mehrere Meilen von den Dampfströmen S. Germano's entfernt ist, sollen sie doch während lebhafterer Eruptionen desselben um 2°5—3°75 wärmer u. dann zugleich undurchsichtiger werden.

Folgende Notiz über eine ungewöhnliche Erwärmung eines See's würde, wenn das Faktum als sicher anzunehmen wäre, auf einen verborgenen vulkanischen Heerd deuten. „Lacus Dunensis sub Gregorio I tanto fervore bulliit, ut cocti in eo pisces ad ripas in esum venirent accolarum, absque aliqua alia coquendi industria.“ (Rob. Guag. Franc. l. II.)

stattfinde. *) Die heissen Qu., die unter dem Namen von La Pisciarella in der Nähe von Neapel entspringen, schwanken zwischen 37°5—92°5; wahrscheinlich sind in den Spalten aufsteigende Dämpfe die Ursache einer zeitweiligen Erhitzung. Es gibt noch mehrere Beispiele vom Temperatur-Schwankungen der Thermen vulkanischer Gegenden. Ein Thal vom Jorullo wurde ehemals von 2 Flüsschen bewässert; aber am 28. Sept. 1759 verschwanden diese plötzlich u. 2½ Leguas westlich vom Jorullo brachen mehrere heisse Thermen hervor, die äusserst reich an Schwefelwasserstoff sein sollen; anfangs waren sie 52°, im J. 1826 nur noch 38° warm; man nennt sie die verlorenen Flüsse. — Die Qu. zu Mariara in Südamerika fand Boussingault 1823 64°6, Humboldt 1800 Febr. nur 59°3 warm. — Die aus 2 kleinen Granitbecken, wovon das grösste etwa 2 Kub.F. Raum bietet, quellende Therme von las Trincheras bei Puerto Caballo in den Anden fand Humboldt 1800 in beiden Becken nur 90°2 warm, obwohl 23 Jahre später Boussingault in einem 92°2, im andern 97° gefunden hat. Zwischen beide Beobachtungen fällt ein grosses Erdbeben, das von 1812, welches Caracas zerstörte. Aber diese zeitweilige Temperatursteigerung muss sich wieder ausgeglichen haben, da E. Otto zwischen 1838 u. 41 die Grade 88°75 u. 91°25 angibt (Reiseber. aus Cuba, 224).

Wohl häufiger als eine Verminderung der Quellwärme der Thermen hat man eine Vermehrung derselben in Folge von Erdbeben bemerkt. Die Erklärung dieser Steigerung liegt in der Wahrscheinlichkeit, dass durch Erdbeben neue Spaltungen der Erdschichten verursacht werden, durch die das W. aus grössern Tiefen als vorher hervorkommen kann u. dass jedenfalls eine Aufrüttelung der unterirdischen Wasserkammern stattfindet.

Bei einem Erdbeben des J. 1616 sollen die Thermen von Bagnères de Luchon wärmer geworden u. im J. 1751 eine Qu. auf 41° gestiegen sein, nämlich die Reine-Qu., die nach Campardan sehr von Erdbeben verändert wird. — Beim schrecklichen Erdbeben vom 12. Mai 1682 (1681?), dessen Centrum Remiremont gewesen zu sein scheint, u. dessen Erschütterungen sich nur einige Stunden weit erstreckten, u. das als unterirdisches Geräusch noch 3 Wochen fortdauerte, soll zu Plombières eine kalte Qu. warm geworden sein. Der Gewährsmann erzählt dies aber 75 Jahre nach dem Ereigniss. — Seit dem Lissabonner Erdbeben soll eine jetzt 32°5 warme Qu. zu Cortegada wärmer geworden sein. — Bei diesem Erdbeben soll auch die Wärme der Thermen zu Bourbon l'Archambault plötzlich gestiegen sein (*James). — Chaudfontaines, eine jetzt 32°5 warme Qu., hat sogar, wie *Limburg sagt, nach sicherer (?) Beobachtung auf das letzte Erdbeben (von 1756?, da das Buch 1757 geschrieben ist) an Wärme zugenommen, obschon sie angeblich auch vorher zum Baden sehr geeignet (also wohl nicht kälter) gewesen sein soll. Dieser Wärme-Zuwachs müsste sich also wieder verloren haben, wenn er stattfand. (Diss. sur les bains d'eau simple.) — Ein viel angeführtes Beispiel des Einflusses der Erdbeben auf M.Qu. ist die Veränderung der Teplitzer Thermen in der damaligen Zeit. Der Hauptstoss fand zu Lissabonn gegen 9½ Uhr statt; die Haupt-Qu. von Teplitz blieb 1 Minute (nach Andern 5½—7 Min., nach Eichler fast 15 Min.) aus. Darauf

*) Gleichwohl können die von vulkanischer Hitze erwärmten W. Jahrhunderte, wenn nicht Jahrtausende als Thermen bestehen. Auf der Insel Lemnos ist z. B. der Vulkan Mosychlos, der noch im 5. Jahrhunderte n. Chr. Feuer spie. Gegenwärtig sind dort nur die heissen Qu., die heute so gut als zu den Zeiten Eustath's (ad Iliad. I, 593) aus dem Boden sprudeln, obwohl die ausgebrannte Grundveste des Vulkanes, von Erdbeben zertrümmert, ins Meer gesunken ist.

soll sie (zufolge Eichler's Version nach 3 einzelnen, Seufzern ähnlichen Zügen in den Röhren des Hauptkanals) unter heftigem Brausen blutroth u. mit erhöhter Temperatur (Reuss) wiedergekommen sein. Nach einem Berichte soll das W. mit solcher Gewalt hervorgebrochen sein, dass man auf dem Platze der Vorstadt in Kähnen hätte herumfahren können. Es soll das W. zuerst schlammig geworden sein, dann ½ Stunde darauf die Haupt-Qu. übermässig stark geflossen u. nach einem Ausbleiben von beinahe 1 Minute (wohl durch Verstopfung der Oeffnung) mit grosser Gewalt hervorgebrochen sein u. eine Menge röthlichen Ockers ½ Stunde lang ausgeworfen haben, worauf die Qu. zwar ruhig, aber reichlicher u. wärmer geflossen sei (Ambrozzi). In wie weit diese verschiedenen Angaben sich in der Abhandlung von Stepling Medit. de caussa mutat. therm. Tepl. fact. 1. Nov. A. 1755, lecta in consessu philos. 1757, gedruckt 1763, vorfinden, weiss ich nicht. Stepling meint, wenn das W. wirklich wärmer geworden sei, so habe dies daher kommen können, dass es seinen Lauf verändert habe u. auf eine heissere Schicht gekommen sei. Die ganze Thatsache ist vielleicht ganz unabhängig vom Lissabonner Erdbeben; vielleicht ist es nur ein zufälliger, höchstens von einem niedern Barometerstand begünstigter Ausbruch gewesen, wie solche auch zu andern Zeiten vorgekommen sind u. sie theilweise durch Ocker-Ansatz u. Verstopfung der Ausgänge erzeugt zu werden pflegen. In Teplitz wurde übrigens auch gar keine Erschütterung wahrgenommen; zu Schönau u. Karlsbad merkte man nichts. — Zu Baden in Niederösterreich, wo das starke Erdbeben von 1768 auch wahrgenommen wurde, gewannen die dortigen Thermen an Wärme, Zufluss u. Schwefelgeruch. (Nagel's Nachr. von diesem Erdbeben.) Man fand das zwischen den Felsen stärker hervorsprudelnde W. in einer lebhaft kochenden Bewegung; es stieg beinahe um einen Schuh über seinen gewöhnlichen Spiegel u. schwemmte vielen rothen Sand mit (Schenk 1825). — Bei einem Erdbeben im Juni 1808 zu Vichy sollen die Brunnen Chomel u. Petit Puits wärmer geworden sein (*Alibert). — Während des Erdbebens von 1812 wurde eine Qu. am Missouri plötzlich heiss u. trübe, trocknete aber nach einigen Tagen für immer aus; an ihrer Stelle wurden schnell vorübergehende Lichter häufig bemerkt. (Froriep's Not. 1823, IV.) Eine andere Notiz gibt an, dass in den Elliotsgruben in Nordamerika eine später wieder verschwundene Qu. heiss geworden sei. — Bei einem Erdbeben zu Palermo ergossen die Qu. von Termini mehr u. heisseres W. als sonst, das, wie beim Erdbeben von Catanea, trübe war. — Das Ardebil'sche Hochland im Kaukasus soll oft von 2 zu 2 Jahren von Erdbeben heimgesucht werden u. dabei die Wärme der heissen Qu. ausserordentlich zunehmen u. die aufsteigenden Gase, CO^2 u. N, sich verdoppeln. (Abich in Poggendorf's Annal. LXXVI.) Nach einem Referate darüber wird das Gas der Thermen von Saragyn wärmer u. häufiger vor u. bei dem Erdbeben der Ardebil'schen Ebene zufolge Abich's Bericht. Wellenförmige Bewegungen zwangen im Okt. 1848 die Einwohner die Stadt zu verlassen u. sogleich stieg die Temperatur der 1644 M. hoch auf dem Wege von Ardebil nach Tabriz gelegenen, sonst etwa 45° warmen Therme von Sarcin (Saragyn?) einen ganzen Monat lang „bis zum schmerzlichsten Verbrühen". — Humboldt meldet, dass nach dem schweizer Erdbeben am 25. Aug. 1851 zufolge Charpentier die Qu. von Lavey von 31 auf 36°3 ging. (Sieh jedoch weiter unten.) Nach Favre wurde sie durch dieses Erdbeben nur etwas alterirt, nahm aber durch das vom 25. Juli 1855 um 1—2° zu (Bibl. univ. de Genève, 1857). — Die Qu. von Brides (Tarentaise) wurden bei dem Erdbeben von 1855 um 2° wärmer; ebenso die Fussbad-Qu. von Leuk, welche auch um das Vierfache an Quantität wuchs. — Bei den Erdbeben vom Juli u. Aug. 1854 gewann die Qu. César zu Cauterets an Wärme u. Schwefel u. zog fast alles W. der Qu. Bruzaud an sich. — Zu Barèges stieg damals eine Qu. von 12,4 auf 28,8 K.M. u. von 18° auf 28°. (Dict. des eaux.)

In den meisten Fällen ist die Vermehrung der Quellwärme durch Erdbeben mit einer Steigerung der Ergiebigkeit verknüpft gewesen. *)

*) Die Verf. des Dictionnaire des eaux min. geben an, dass die von Erdbeben veranlassten Veränderungen sich fast ausschliesslich an der Haupt-Qu. des Ortes oder an den bedeutendsten, den ergiebigsten u. zugleich wärmsten offenbarten.

In wie fern die bei artesischen Brunnen wohl beobachteten Temperatur-Veränderungen vom Wechsel ihrer Ergiebigkeit abhängig sind, verdiente eine nähere Erörterung.

Die Temperatur des Soolsprudels zu Nauheim betrug beim ersten Anbohren der Qu. 32°5, hob sich aber nach einigen Monaten bis auf 33°75 u. blieb so. An den meisten dortigen artesischen Brunnen machte man angeblich eine ähnliche Erfahrung. No. I war im J. 1823 26°25, 1845 aber 31°25 warm; diese jetzt versiegte Qu. lieferte täglich etwa 260 K.M. Soole mit etwa 1/70 ihres Umfanges Salz; sie spülte sich also jährlich etwa 1300 K.M. oder einen Würfel von 11 Meter Seite aus. (Eine andere Angabe der Ergiebigkeit lautet auf viermal mehr.) Dass ihr tiefster Punkt später einige 30 Meter tiefer lag, als im J. 1823 u. dass die Qu. aus diesem Grunde wärmer geworden war, lässt sich dennoch nicht gut annehmen, weil man sich die ausgelaugte Schichte von grosser Breite vorzustellen hat.

Nicht selten gewinnt man bei Thermen durch Nachgrabungen u. Bohrungen, wodurch dem W. ein kürzerer u. freierer Weg zur Oberfläche gebahnt wird u. durch Verstopfung verloren gehender Sprünge, zugleich an W.-Masse u. an Wärme. Die bedeutenden, zu Plombières aufgenommenen Erdarbeiten vermehrten die nutzbare W.-Masse um mehr als das Doppelte, wobei die durchschnittliche Temperatur der verschieden warmen Sprünge um fast 1°5 stieg.

Nach dem Vorhergehenden ist also nicht zu bezweifeln, dass die Quellwärme zuweilen einer Veränderung unterliegt. Für jeden einzelnen Quell-Ort muss also die Frage nach der Beständigkeit der Quell-Wärme aus den darüber gemachten Beobachtungen entschieden werden. Von den Schwefelthermen der östlichen Pyrenäen glaubte Anglada, dass sie in etwa 60 Jahren an Wärme verloren hätten; doch finden bei richtiger Reduktion der Thermometergrade so unbedeutende Unterschiede zwischen den Messungen Carrère's (1756) u. denen von Anglada (1819 oder 1825) u. den spätern von Fontan statt, dass man sie sehr wohl auf zufällige Umstände u. Beobachtungsfehler beziehen kann. Legrand hält sich von einem Gleichbleiben jener W. seit 1756 bis 1835 durch Versuche überzeugt. Namentlich suchte Bertrand von den Qu. zu Montdore nachzuweisen, dass die Verschiedenheiten zwischen den Beobachtungen von Chevallier u. denen von Longchamp theils Veränderungen, welche man an den Qu. gemacht hat, theils der Abkühlung des W. durch die steinerne Fassung nach der Ausleerung derselben zuzuschrieben seien; seine Beobachtungen, nach denen er schon 1810 u. 1823 die Unwandelbarkeit der Temperatur dieser Thermen behauptete, sind zahllos u. stimmten immer überein. Sie sind mit Fortinschen Spiegelthermometern zu verschiedenen Jahreszeiten u. Stunden des Tages u. der Nacht, nach langer Trockenheit wie nach langem Regen, angestellt worden. Im Bade Ramond stellte er ein Thermometer von Bunten mit Korkholzskale (Schwimmplatte aus Kork?) u. sehr geräumiger Gradirung zwei Monate auf u. untersuchte es täglich zu verschiedenen Stunden, aber nie hat er eine Veränderung wahrgenommen. Später setzte er in 5 Qu. ein solches Thermometer u. liess es fortwährend darin hängen, 4 Wintermonate hindurch wurden die Thermometer dreimal täglich untersucht. In 2 Qu. blieb deren Stand immer gleich, in den übrigen wechselte er nicht, so lange die äussere Temperatur sich über Null hielt, fiel aber auch an den kältesten Tagen nie mehr als 1/4°. Dieser Wechsel hing aber davon ab, dass die Thermometer-Röhre 15 Centim. über dem W. hervorragte u. nicht vor starken Luftzügen geschützt war; als er die Thermometer mit grossen Blechgefässen umgab, fand diese Veränderung nicht mehr statt. (*Hufeland's Journ. 1838, 86. B., 118—124.) Nach *Filhol's Bemerkung sind zwischen den Beobachtungen von Carrère u. Anglada meistens nur Differenzen von 0°1—0°2, nur in wenigen Fällen von 2°5. Louis, Mitarbeiter Anglada's, hat nun 1850 wieder dieselben Qu. an denselben Orten mit gleichlautenden Instrumenten untersucht u. dabei bis auf 0°1—0°2 wieder dieselben Temperaturen, wie Anglada gefunden. Auch nach den Beobachtungen von Lacoste, die sich auf W. der Auvergne zu beziehen scheinen, finden dort keine

wesentlichen Veränderungen der Quellwärme statt. Er maass die Wärme an mehreren M.Wässern in verschiedenen Jahren, Jahreszeiten u. Stunden u. fand immer eine gleiche Wärme, wie auch in der Ergiebigkeit nur geringe Veränderungen. Sturmwetter wirkte auf den Wärmegrad zwar deutlich, aber wenig ein. (*Lacoste Lettres sur les volc. l'Auvergne, 1805.)

Gewisse Thermen des Kaukasus scheinen, nach folgender Bemerkung, Veränderungen der Wärme zu erleiden. „Welche abweichende Resultate gewähren die Untersuchungen der Temperatur der Thermalquellen des Kaukasus, welche Pallas u. Güldenstädt am Ende des vorigen Jahrhunderts, später Haas u. Reuss, Neljubin (Hufel. Journ. LXI, St. 5) u. endlich Hermann (Poggendorf's Ann. XXII, 344) erhielten. Conradi fand sogar, dass ihre Temperatur durch die Verschiedenheit der Jahreszeit eine wesentliche Veränderung erleide (Med. Ann. 1824)." (Osann.)

Wir wollen noch eine Anzahl einzelner warmen Qu. durchgehen.

Die Grade der Warmbäder von Bath scheinen etwas zu wechseln. Sonderbar, dass die spätern Angaben 2—3° unter denen des zuverlässigsten Beobachters Lucas vom J. 1755 bleiben.

Das Emser Krähnchen, wofür Cartheuser 27°8 C. (82 F.) angibt, floss

1781	28°9 warm
Kastner fand	33°
v. Ibell	30°
Jung 1839	32°5
Pleischl 1850	28°8 im Strahl
Fresenius 1851	29°5 (beim Aufströmen 29°3)
Lersch 1856	32°5 (im Strahl des Trinkbrunnens).

Der dünne Strahl dieses Brünnchens muss sich bald mehr, bald weniger abkühlen.

Der wasserreichere Kesselbrunn bleibt gleichförmiger:

Kastner fand	47°5
Jung 1839	46°9
Fresenius 1851	46°25
Lersch 1856	46°6.

(Diel gibt sogar 40° R. = 50° C. an, für die Trinkqu. 37—38° R.; *Wetzler fand nur 33° R.)

Der Fürstenbrunn zeigte nach

Jung 1840	35°6
Fresenius 1851	35°25
Lersch 1856	37°7.

Wiesbadener Kochbrunnen:

Im J. 1821	fand	Kastner	70°1 an der Quelle.
12. Mai 1838	„	„	70°
31. Juli 1837	„	Jung	69°4
„	„	Granville	68°75
im Sommer 1846	„	Casselmann	69°25 an der Qu.
1847	„	Lade	68°1
1849 u. 50	„	Fresenius	68°75 durchschnittlich in den Röhrenöffnungen.
1856	„	Sandberger	69°3
?	„	Rotureau	68°7 (wo?).

Im Becken fanden Thomä 1843, Casselmann, Fresenius 68°7. 1801 fand Ritter u. 1850 Pleischl 66°. Man kann also diese Differenzen wohl von Beobachtungsfehlern ableiten.

Baden in Baden,

	Ursprung:	Judenqu.:
Salzer 1813	67°5 [1])	67°5 [2])
Bunsen neulich	68°63	68°03

Höllenqu., Salzer 66° [3]) Brühbrunn, Salzer 63°12,
„ Lersch 1856 63°7 [4]) „ Bunsen 68°39.

Es scheint einiger Wechsel vorzukommen.

---

[1]) Ebenso geben Cranz 1771 u. Muspratt 1851 an.

[2]) Ebenso Cranz 1771. [3]) Cranz 60°8. [4]) Am Ausfluss.

Wildbad. Die Bestimmung von Gesner (1745) für das 2. Becken (37°78) stimmt ganz mit der von Kerner (1832); auch Siegwart (1824) kommt damit so ziemlich überein. Ein Theil der Beobachtungen von Gessner stimmt aber nicht vollkommen mit denen von Siegwart; aber ist es nicht leicht erklärlich, dass in grossen Bassins nicht jedesmal die gleiche Wärme gefunden wird?

In Bezug auf die Therme von Liebenzell verweise ich auf einen Aufsatz von Camerarius: De calore aquarum mineralium Cellensium insolito in Eph. N. C. Cent. 111 (III?).

Die Temperatur-Angaben über die auch an Ergiebigkeit nicht beständigen Thermen von Baden in der Schweiz sind theilweise sehr verschieden. Die von Löwig 1835 gefundenen Werthe (fast dieselben, welche Minnich 1844 gibt u. auch ungefähr gleich mit den 1809 gefundenen) übertreffen die von Bauhof u. Pflüger bei fast derselben Luftwärme gefundenen, obwohl diese schon mit der grössten Genauigkeit zu Werke gingen, meist um etwa 3° (2°5—10°). Löwig selbst fand (Frühjahr 1837) $1\frac{1}{2}$ Jahre nach der ersten Untersuchung durchschnittlich $1\frac{1}{4}$° mehr; er zweifelte aber, ob vielleicht sein Thermometer sich in dieser Zeit verändert habe.

Lavey. Die fünf Wasseradern, die man bei der Fassung 1832 fand, hatten 33°12—41°25. Doch hatte man 1833 die Qu. 47°5 warm gefunden. 1838 war die Wärme auf 35—36° gesunken. Sie hob sich, als am 8. Aug. 1840 ein Bergsturz viel Erde ins Rhonebett führte (u. andere Quellausgänge verstopfte?), wieder bis 45°. (Nach anderer Nachricht hatte man bei der ersten Fassung nur die wärmere Ader eingefasst, die aber nicht W. genug gab; bei der zweiten Fassung erhielt man mehr W., aber es war nur 35° warm; so blieb es bis 1840.) Nicht viel geringer als 45° soll die Qu. 1841 u. 47 gewesen sein. Im Juni u. Aug. 1851 sank die Wärme wieder auf 34°; die Quantität war nur noch 20 Maass in der Minute. In der Nacht vom 23.—24. Aug. fanden 3 Erdstösse statt. Eine Viertelstunde nach den Stössen war die Wärme um $\frac{1}{2}$° gestiegen; das W. floss reichlicher u. rascher u. brachte zahlreiche Conferven-Flocken mit aus den Leitungen hervor. Von da an stieg die Temperatur wieder rasch bis zum 15. Sept. auf 45°. Schon den 24. Sept. flossen 30 Maass Wasser von 40°. Die Menge blieb bis zum 1. Sept. so, betrug aber am 15. Sept. 35 Maass, ebenso noch am 3. Okt., im Nov. nur noch 30°. Das Erdbeben von 1854 hatte keinen Einfluss. Nach der neuen Fassung (1856—57) war die Temperatur in der Tiefe des Schachtes 43°75. Seit dieser Zeit soll wieder die Wassermasse u. die Temperatur bedeutend abgenommen haben, so dass man das Schwefelwasser, welches ohnedem in den Leitungen viel Wärme verliert, jetzt nur wenig zu den Bädern allein für sich benutzen soll. Die Veränderlichkeit der Ergiebigkeit hat bis jetzt noch keine genügende Erklärung gefunden.

Baden bei Wien. Die ältern Bestimmungen vom J. 1771 zeigen grosse Uebereinstimmung mit den jetzigen; die von 1734 sind nicht verwerthbar. Schenk behauptete, dass nach seinen Beobachtungen die Wärmegrade 30 Jahre sich gleich geblieben wären. Die heissern Qu., die aus dem Felsen entspringen, sollen höchstens um 0°25 schwanken, die kältern aus Gerölle kommenden bis 0°5.

Karlsbad. Der alte Sprudel war nach Tilling (1756) 74°, nach Becher 73°75 warm, oft auch 75°; der neue hat gezeigt: 1756 (Tilling) 71°3, 1771 (Hebenstreit) 72°2, 1818 (Reuss) 73°75, 1825 (Pöschmann, bei viel geringerer Ergiebigkeit) 72°5 (zu anderen Zeiten gar 75° nach demselben u. nach Fleckles' Angabe), 1838 (Wolf) 71°2; auch für die Hygiäaqu. hat Pöschmann mehr als Wolf gefunden.

Der Bernardsbrunn hat 68°75 nach Klaproth, 68°2 nach Reuss, 70—73°75 nach Pöschmann, 67°7 nach Wolf (1838).

Der Neubrunn zeigte 1756 nach Tilling im Ständer 61°3, nach Becher 62°8, nach Pöschmann 60°—61°25, nach Wolf 59°9.

Der Mühlbrunn zeigte 1756 (Tilling) 46°7, 1771 (Hebenstreit) 47°3; in einer Schlucht in der Gegend des Mühlbades waren Qu. von 44°7—47°8 (Tilling); Becher fand 1770 aber schon 58°9. Die spätern Bestimmungen gehen wieder weniger hoch, Pöschmann bis 56°2, Wolf (1838) 55°9.

Theresienbrunn: nach Becher 56°7, nach Pöschmann 53°7—55°, nach Wolf 52°1.

Spitalquelle: im Becken 57°5—58°1 nach Pöschmann; Wolf fand 56°8. In der Bohröffnung am Orte des Ursprungs war im J. 1825 am 12. Okt. das W. 55°94 warm bei einer Ergiebigkeit von 11 Maass, 2 Seidel, am 22. Okt. 56°25 bei der Ergiebigkeit von 12 Maass nach einer Bohrarbeit an anderer Stelle; dagegen war 1840 das W. bei einer Ergiebigkeit von etwas über 9 Maass nur 52°19 warm, 5 Monate später bei fast derselben Ergiebigkeit sogar nur 50°.

Schlossbrunn. Dieser hoch entspringende Brunnen hat in der Ergiebigkeit u. Wärme sehr gewechselt; er hat nach Pöschmann u. Wolf etwas über 44°; kann aber bis 50° steigen.

(Die ältesten Beobachtungen von Tilling, von mir auf Celsius-Grade reducirt, sind das Ergebniss zahlreicher Versuche.) Sieh auch S. 41.

Bagnères de Bigorre, Thermen mit schwefelsaurem Kalk. Die Bestimmungen von Sécondat 1744, Darquier 1760, Marcorelle 1766 sollen ziemlich mit denen von Arago 1826 übereinstimmen; es finden jedoch einige Unterschiede statt. Ganderax bemerkt auch, dass er mehrmals gefunden habe, dass die Qu. im Winter u. bei regnerischen Zeiten weniger Wärme angaben. Er fand einzelne der dortigen
Thermen 1826 47°5 48°5 51°2 warm, bei denen Fontan
am 30. Okt. 1836 46°6 50° 51°8 u.
im Sept 1837 46°5 48°3 51°1 mit einem zuverlässigen Thermometer gefunden hatte. Vgl. S. 40.

Nach einer grossen Zahl Beobachtungen schliesst *Filhol, dass die Wärme der Quellen zu Bagnères de Luchon keine ganz constante ist; einige davon zeigen allerdings nur periodische Abweichungen von nicht ganz 1°, bei anderen aber ist die Veränderung deutlicher ausgesprochen u. im Zusammenhange mit der Zu- u. Abnahme des Niveaus der wilden W., die, der wechselnden W.-Menge nach zu schliessen, Zutritt haben.

Mehrere heisse Qu. von Chaudes-aigues schwanken in der Temperatur um ein paar Grade. Nach Chevalier soll gar eine dortige Qu., die nach Bosc nur 60° warm sein soll, später 80° gezeigt haben. (Journ. de pharm. XIII, 451.) Aber war die Beobachtung von Bosc auch eine genaue?

Ueber den Temperaturwechsel der M.Qu. hat Chevalier an den Qu. von St. Vichy, St. Yorre, Haute-rive, Chateldon, Aiguesperse u. a. vergleichende Versuche angestellt u. die Ueberzeugung gewonnen, dass die Differenzen der Wärmegrade, die bei der Untersuchung dieser Qu. von verschiedenen Beobachtern gefunden worden sind u. der Nichtübereinstimmung der benutzten Instrumente zugeschrieben werden, hiervon allein nicht herrühren. Bei einigen Qu. fiel die Wärme, während sie an andern ebendaselbst u. sehr in der Nähe gelegenen Qu. stätig blieb oder stieg. (Huf. J. 1836, X, 126.)

Am meisten scheint Chevalier sich bei diesem Ausspruche auf die in Vichy gemachten Beobachtungen zu stützen. Ueber die Temperatur-Angaben der dortigen Qu. habe ich folgende Tabelle zusammengestellt, nach dem Annuaire des Eaux I, LXVII, Hufeland's Journ. 1836, etc.. Dabei beziehen sich die Zahlen 1—8 auf die Qu.: Grand Puits, Chomel, Grande Grille, Hôpital, Acacias, Lucas, Célestins nördlich, dieselbe südlich.

I—IV beziehen sich auf die Beobachter: Lassonne, Desbrets, Berthier u. Puvis, Longchamp. Bei Letzterem, dessen Thermometer mit denen des Observatoriums verglichen wurden, sind die Zahlen für die Qu. 1—3 Mittelzahlen. Von II stehen in Hufelands Journ. bei den Zahlen für Qu. 3 u. 4 die Zahlen 43°5 u. 50°. V a u. V b zeigt die Zahlen von Chevalier u. zwar sind V b Maxima u. Minima von 5 Beobachtungstagen. VI a bezieht sich auf François, VI b auf François u. Boulanger, VII auf Noyer, VIII auf Angaben von Seydel, IX auf Baudrimont, X auf Barthez, XI auf Bouquet. Für VI b schwankte die Summe der Temperaturen von 263—276, ja bis 306; wobei aber nicht alle Qu. an denselben Tagen stiegen.

Der Analyse nach sind alle diese Qu. äusserst ähnlich, so dass die Temperatur-Unterschiede der Qu. gegeneinander sich nicht aus Zufluss süssen Wassers erklären lassen. Sie hängen theilweise unterirdisch innig zusammen. Ueber die zu Zeiten wechselnde Ergiebigkeit wird an späterer Stelle gesprochen.

	Quellen:	1	2	3	4	5	6	7	8
I	10. Juli 1775	(48°7)	43°1	48°7	36°2	31°2		27°5	
II	27. Aug, 1777	(46°2)	36°2	40°6?	36°2?	28°1		22°2	
III	3. Juni 1820 [1]	45°	40°	38°5	(33°)				
IV	1823	44°9	39°3	39°2	35°2	27°2	29°7	19°7	
V a	28. Sept. 1835	45°	44°	37°	26°	27°7	27°7	17°	17°
V b	Sept. 1836	44°5	42°2	37°7	30°5	27°	28°	16°	16°
		– 45°	–42°9	–37°8	–34°	–27°7	–29°	–18°	–19°7
VI a	Okt., Nov. 1843	43°7	28°6?	32°2	29°9	24°2	23°	8—9°	
VI b	März 1844	44°9	37°9	34°2	31°6	27°7	28°4	16°8 [2]	16°3
VII				39°2 [3]		28°7			
VIII					37°5		31°2		
IX	1850	45°7							
X		47°				(32°) [4]		16°	
XI	Okt. 1853	44°7	44°	33°6	30°8	(29°2) [4]		143	
XII	Später		43°8 [5]	41°8 [5]		(28°8) [4]			

[1] Von jetzt an mit einer andern Qu. vereinigt.
[2] Aug. 1844 22°2.
[3] Nach den Angaben älterer Handbücher ist die Wärme 40°–42°5.
[4] Vereinigt mit der Qu. 6.
[5] Nach Baudrimont.

De Laurès stellt folgende Angaben auf über die Temperatur der Qu. zu Néris.

	Grand Puits	Puits de la Croix
Michel 1766	78°	75°5 (?)
Philippe 1786	54°	45°5
Boirot 1822	49°	48°
Falvart 1841	53°7 *)	51°
Lebret 1850	52°7	52°2
De Laurès 1851—4	52°7	51°3 –52°5.

*) Im Bassin constant 49°7.

Nach den Beobachtungen von Michel, deren Werth zwar durch eine Bemerkung (s. Annal. d'hydrol. I, 208) sehr vermindert wird, wozu jedoch die von La Guérienne (1742, 1756, 1771) theils bestätigend hinzukommen, müsste die Temperatur im vorigen Jahrhundert geschwankt haben. La Guérienne gibt nämlich für den ersten Brunnen 67°5 u. 51°5, für den andern 35—48°75 an. Waren hier die Störungen noch von Einfluss, welche am 10. Nov. 1755 u. im Jahre 1759 die Quellen erfuhren?

Matthey fand im J. 1816 die Temperatur eines offenen Bassins in St. Gervais beständig 40–40°5, zu jeder Tageszeit nach Regen oder schönem Wetter. Mey bestätigte dies in den J. 1842—66.

Dass mehrere M.Qu. von niederer Temperatur sehr schwanken, ist schon gesagt. Es gilt dies auch von einigen Sauerwässern. Im Burgbrohler Säuerling fand Bischof Variationen von $^1/_6$–$2^1/_4$°, zu Meinberg von 5°6–6°6. Von wenigen kalten Qu. sind gehörige Beobachtungen über die Beständigkeit der Wärme in längeren Zeitabschnitten angestellt. Einzelne sind gewiss sehr constant. Der Mattheiser Stahlbrunnen hatte z. B. im J. 1776 10°25; 68 Jahre später wird er zu 10—10°25 angegeben.

§. 15. Hochgradige Thermen.

Viele Thermen auf Neu-Seeland u. Island übersteigen in ihrem Wärmegrade die Siedhitze des Wassers. Kochend-heisse Qu. sollen auf der

Insel Amsterdam im indischen Ozean, so wie auf einer japanischen Insel Ussina in Niphon sein; auch Urijino in Japan hat eine siedende Therme. In Afrika gibt es W. von 97—100° u. auf den Fidji-Eilanden sind W., welche die Siedhitze fast erreichen. Zu Savu-Savu auf den Frejees-Inseln ist eine grosse Zahl warmer Qu. von 93—98°7. Die Thermen der Pyramides Lakes in Amerika sind 97°8 warm, wie die von Caldeira auf den Azoren. Auf St. Lucia, einer westindischen Insel ist 95° C. warmes W. (in einigen Höhlen nach Puguet, wenn Alibert recht angibt [?], 90—95° R. heisses, in offenen Brunnen auch siedend heisses W.). In Mexiko, unfern Guanaxuato bei Cichimequilla, entfernt von jedem aktiven Vulkane, sind die Aguas de Comangillas, 96°5 warm. Die Thermen von Trincheras in den Valles de Aragua sind 90°3 warm. Die Qu. von Negroponte (91°2), Valencia in Südamerika (90°), Jumnotri im nördlichsten Indien (90°), Surujkund in Indien (87°8), Tanna (88°8), Doogos (88°3), die der Thermopylen (von 85°?), Brussa (84°), mehrere Qu. in Portugal (77—84°), die von Bajä (80° nach Forbes), Chaudes-aigues (80°), Burtscheid (74°4), Plombières (70—73°) sind noch derartige Thermalwässer von ungewöhnlich hoher Temperatur.

§. 16. Wasser im dampfförmigen Zustande. Natürliche warme Exhalationen.

Physikalische Vorbemerkungen.

Siedpunkt des Wassers. Bei 100° C. wird das W. bei einem Luftdrucke von 760 Millimeter unter Blasenbildung zu Dampf. *) Ein geringerer Luftdruck erniedrigt bekanntlich den Siedpunkt; bei 525 Millim. Druck würde das W. schon bei 90° sieden. An einigen hoch gelegenen Kurorten liegt der Siedpunkt des W. mehrere Grade unter Null. Unter grösserm Drucke rückt der Siedpunkt höher. Eine Differenz von 3‴ im Barometerstande bringt einen Unterschied von 0,11° im Siedpunkte hervor. $^1/_{100}$° Siedpunkt-Unterschied bezeichnet zwischen 96—100° durchschnittlich 2,9 M. Unterschied in der Aufstellungs-Höhe des Thermometers. Bei $1^1/_2$ Atmosphären Druck, d. h. bei $5^1/_6$ M. W.-Höhe u. dem Barometerstand von 760 Millim. steht der Siedpunkt auf 111°7, bei $10^1/_3$ Met. W.-Höhe auf 120°6, bei $20^2/_3$ M. W.-Höhe auf 134°, bei 31 M. auf 144°, bei 10 Atmosphären-Druck auf 180°, bei 40 Atmosph. auf 260°. Salze, die im W. sind, erhöhen den Siedpunkt. So gross aber auch die Siedhitze dabei sein mag, so ist doch die Temperatur der Dämpfe einer siedenden Salzlösung, wenn keine Gase oder Salze mit verdunsten, immer gleich. Von verschiedenen Salzen ist eine verschiedene Menge nöthig zur Erhöhung des Siedpunktes. Es bedarf 770 Z.T. Kochsalz, den Siedpunkt des W. nur um 1° zu erhöhen, oder 1400 Z.T. kohlensauren Natrons, für 6° Erhöhung aber 3200 Z.T. Kochsalz oder Chlorcalcium.

Das W. verdunstet von seiner Oberfläche aus bei jeder Temperatur. Die über dem W. befindliche Luft hat je nach ihrer Wärme eine gewisse Fähigkeit, W. in Gasform aufzunehmen; wie sie aber wieder abgekühlt wird, indem sie sich vom W.

---

*) In Glasgefässen soll W. erst bei 101°23 sieden. Nach Donny (Ann. d. Chim. 1846) lässt sich luftfreies W. bis zu 135° C. erhitzen ohne die geringste Spur von Sieden, dann entwickele sich aber plötzlich so viel Dampf, dass der Apparat zertrümmert werde. Die Gegenwart der Luft hebt die Cohäsion der W.-Theilchen unter sich auf. Lange siedende Flüssigkeiten stossen mehr, als frisch siedendes Wasser.

Ebenso soll luftfreies W. erst gefrieren, wenn es bedeutend (?) unter 0° abgekühlt sei.

entfernt, lässt sie einen Theil des aufgenommenen W. als sichtbaren Dampf fahren. Deshalb dampfen auch W., die noch lange nicht die Siedhitze erreichen, wenn sie an die Luft kommen u. ist der Dampf bei kaltem Wetter sichtbarer als bei warmem. Die Bewegung des warmen W. vermehrt die Verdunstung u. Dampfbildung.

Gewicht des Wasserdunstes. Ein Kubikmeter von der unter C bezeichneten Wärme wiegt:

C	Gewicht	C	Gewicht
10°	9,38 Grm.	35°	39,51
11°	10,	40°	50,95
15°	12,8	50°	82,72
20°	17,23	60°	129,8
25°	22,95	70°	197,4
30°	30,23	80°	291,
31°	31,91	90°	420,
32°	33,66	100°	592,
33°	35,31	111°7	860,
34°	37,43	120°6	1120.

Man hat behauptet, einige M.W. kämen bei niederigern oder höhern Graden ans Kochen, als anderes W.; es kann beides eintreten; das M.W. siedet bei geringerer Wärme, wenn es unter geringerm Luftdruck als ein gleich salziges künstliches W. geprüft wird; bei höherer, wenn es unter grösserem Luftdrucke erwärmt wird oder mehr Salze enthält als das W., womit es in Vergleich gezogen wird. Dass das fast salzlose Gasteiner W. schon bei 97°5 anfängt zu kochen, erklärt sich durch die 3000′ hohe Lage Gasteins. Gräfe erhitzte bei 27″ 1,84‴ Barometerstand an diesem Orte in zwei gleichen Gefässen gleiche Quantitäten Thermal-W. u. Brunnen-W.; beide kamen genau (? Ref.) bei 97°5 ans Kochen. Als er von Hofgastein aus den nahen Gamskahrkogel bestieg u. auf dem 8085′ über die Meeresfläche emporragenden Gipfel bei einem Barometerstande von 25″ mitgebrachtes M.W. u. im Thale geschöpftes Brunnen-W. erhitzte, kochte jenes wie dieses schon bei 92°5. In Abano, dessen Boden kaum 40′ über dem Spiegel des adriatischen Meeres liegt, geriethen bei einem Luftdrucke von 28″ 2,9‴ sowohl das bis dahin in einer hermetisch geschlossenen Flasche aufbewahrte Gasteiner, als auch das wenig salzige Abaneser W., wie das Brunnen-W., genau (?) erst bei 100° in förmlich siedendes Wallen. (Gasquellen S. 180.) Eble's Angabe, dass Thermal-W. von Ems bei 77⁷/₈ R., das dortige Brunnen-W. bei 78³/₈ R. siede, beruht gewiss auf einer unvollständigen Beobachtung, vielleicht auf einer Verwechselung des Entweichens von Luftblasen mit dem Sieden. Koch-Sternfeld soll den Siedpunkt des dortigen Thermal-W. bei 78°125 R. (bei welchem Luftdruck?) gefunden haben.

Behauptungen, wie die folgenden (in einer Schrift über Gastein vom J. 1864) zeugen für einen grossen Mangel physikalischer Kenntnisse. „Aus demselben Grunde des obigen Wärmeverhältnisses besitzen auch die W.-Dämpfe unserer Therme andere physische Eigenschaften als der Dampf künstlich erhitzten Wassers. Die höchste Temperatur unseres Thermalwassers beträgt nur 38¹/₂° R. u. es entwickelt selbst zum Gebrauche von Dampfbädern eine Menge u. Fülle von Dämpfen, weil die ganze, in emporsprudelnder Bewegung sich befindende W.-Masse Schichte für Schichte auf einmal Dämpfe ausstösst, während bekanntlich (?) das gemeine W. nur an der Oberfläche sich in Dampf auflöst u. durch tiefliegende u. wieder emporsteigende ersetzt werden muss.“ Deshalb soll sich dies W., meint der Verf., anders als gewöhnliches zur atmosphärischen Luft verhalten u. ein geringeres spez. Gewicht haben.

Nicht zu sprechen für die vorhererwähnte Annahme einer grössern Dampfentwicklung der M.W. scheint die Angabe, welche sich bei Eble (1834) findet, dass gemeines Brunnen-W. viel eher durch die Wärme in Bewegung komme u. sprudele, häufigere u. grössere Luftblasen bilde als M.W.; was zu Gastein nicht unmöglich ist, wo die M.W. weniger Luft als gemeines Brunnen-W. gelöst halten. —

An manchen Orten dringen warme Gase u. Dünste aus der Erde, je nach ihrer Beschaffenheit Fumarolen, Fumacchien, Suffioni, Moffete u. s. w. genannt. Wenn die Gase oder Dünste künstlich angelegte oder von der Natur gebotene Räume merklich erhitzen, so gibt man ihnen den Namen Stufe (Oefen,

Badestuben, étuves). In vulkanischen Gegenden können ganz trockene warme Luftströme aus der Erde kommen. Auf Island gibt es trockene Dampfbäder von 65°5 ohne allen Geruch u. Dampf (*Garlieb Island, 1819). Die Stufa di Testaccio, deren Temperatur durch Verschluss bis auf 94° gebracht werden kann, wird von einer trockenen Gas-Exhalation gebildet. Wir haben in der Hydro-Chemie die warmen Exhalationen von atmosphärischer Luft, CO^2, Salzsäure etc. kennen lernen; fast alle diese kommen aus einem vulkanischen Boden hervor, viele sind über die Siedhitze des W. hinaus erwärmt; die borsauren Dämpfe der toskanischen Maremma, die im Mittel eine Temperatur von 96—100° haben, zeigen nach Pella an einigen Punkten bei 175°. Die Beschaffenheit u. Wärme solcher Dampfströme wechselt nicht selten. Ein Ausbruch von Schwefeldämpfen (HS mit CO^2), welche v. Humboldt auf der Central-Cordillere von Quindiu antraf, zeigte damals 47°6, wogegen Boussingault 30 Jahre später (wohl an derselben Stelle: Ref.) nur 20° fand. Derartige Veränderungen der Wärme finden ihre Erklärung leicht in der vulkanischen Erzeugung der Exhalationen. Die meisten Lavaströme entwickeln aus allen Spalten eine Menge von Dämpfen. Diese Fumarolen können Jahre lang in allmäliger Abnahme bis zu der völligen Erstarrung andauern; ja man kennt Lavaströme, aus denen 43 u. 87, ja 100 Jahre hindurch Dämpfe emporgestiegen sind u. es ist nicht zu zweifeln, dass überdeckte Lava auch noch nach Jahrhunderten gasige Stoffe aushauchen könne. Anfangs entwickeln sich die Gase mit solcher Heftigkeit, dass sie die Lava aufblähen u. zu kleinen Hügeln aufwerfen, auf deren Gipfel die Dämpfe hervordringen. So sind z. B. die sogenannten Hornitos entstanden, welche v. Humboldt auf dem Lavastrome des Jorullo von 1759 im J. 1803 noch zu vielen Tausenden in voller Thätigkeit fand; aus jedem dieser 2—3 M. hohen Kegel stieg dicker, 95° warmer Dampf hervor. Sonderbar ist es, dass ein Theil dieser Gase erst beim Erkalten u. Erstarren der Laven frei wird u. dass auch Wasserdämpfe von den Laven entbunden werden. Weniger auffallend ist die Aushauchung von Wasserdampf aus den Vulkanen selbst, wie sie namentlich bei denen der Aequatorial-Gegenden vorkommt. Die sogenannten Nasenlöcher des Pic von Teneriffa dünsten von Zeit zu Zeit geruchlose Dämpfe von reinem W. aus.

Besonders dort, wo W.-Dämpfe den Exhalationen beigemengt sind, erreichen sie öfters eine bedeutende Spannkraft; z. B. dringt an einer Stelle in Island aus drei 2 Zoll breiten Oeffnungen Dampf unter betäubendem Brausen mit einer solchen Kraft hervor, dass hineingeworfene Steine zurückgeschleudert werden.

Häufig gehen die wässerigen Dünste von Quellen aus, die nicht ganz bis zur Erdoberfläche gelangen.

Natürliche Dampfströme Italiens (Stufen). Vgl. Gräfe's Gasquellen Italiens, 49—104. Nicht alle zu Dampfbädern benutzte Luftströme in Italien enthalten Wasserdampf; z. B. hat, wie gesagt, die 38—83°, selbst noch wärmere Stufa di Testaccio, in der man ohne grosse Beschwerde verweilen kann, u. die in Ruf gegen Hautwassersucht steht, keine Spur W.. Auch die Stufa di Castiglione ist fast ganz trocken.

Die feuchtwarmen Emanationen, die an mehreren Orten Italiens, oft in künstlichen oder natürlichen Höhlungen vorkommen u. die zuweilen sichtbaren, an andern Orten unsichtbaren W.-Ansammlungen ihren Ursprung verdanken, theile ich nach der chemischen Beschaffenheit derselben ein.

I. Schwefelwasserstoffhaltige.

Parthenopeischer Strand u. Ischia.

Stufa di San Germano, unfern der Hundsgrotte am Kratersee Agnano. Temperatur 50—94°, steigt angeblich etwas (um 2°5—3°75) bei Ausbrüchen des meilenweit entfernten Vesuvs (möglich, aber zweifelhaft!). Die stärkste Hitze, die *Rudolphi antraf, war 43°7. Gehalt der Dämpfe: W., CO^2, HS. Das Mauersalz enthält Sulfate, Schwefel, Eisen, Thonerde, Salmiak.

Die Dämpfe haben sich gegen frühere Zeiten viel vermindert, wenigstens findet man Ruinen von Vorrichtungen zur Benutzung der Dämpfe, wo jetzt keine solche mehr ausströmen (*Spallanzani). Das Gas bewirkt keine Respirationsbeschwerden, keinen Schwindel. Vgl. Marcard Auswahl klein. Reisebeschr. 1790, XI.

Stufa di Pisiarelli, 1 Miglie westlich, neben einer Schwefelquelle. (Es sind hier wohl mehrere Thermen, die sogar über 100° warm sein u. schwefels. Thonerde enthalten sollen.) Temperatur bis 47°. Mehr CO^2 u. HS als in der vorigen.

Stufa di San Lorenzo, ½ St. vom Lacco di sopra, 47°—59° warm, W., CO^2 u. Spuren von HS.

Liparen. (Die Orgel des Aeolus dampft nicht mehr.) Stufe des h. Calogero. Am S. Angelo, einem erloschenen Vulkane sind Thermen, die schwach nach Schwefel riechen. An demselben Abhange, etwa 2000 Schritte (nach Houel 2 Migl.) von da nach Norden liegen die Stufen. Es dringen dort an verschiedenen Stellen Dämpfe hervor, deren Temperatur auf 55—60°8 angegeben wird u. welche schwefelige Säure zu enthalten scheinen; sie beengen wenigstens die Brust. Sie kommen aus der Lava in 7 Grotten oder Gruben durch Löcher, die mit Steinen verschliessbar sind. Jede Höhle hat auch oben eine Oeffnung zum Herauslassen der Dämpfe. Es finden sich in den steilen Abhängen der Insel, Salini gegenüber, auf dem Gipfel eines Hügels, Gruben, aus denen Dämpfe hervorströmen. (Das sind wohl die eben erwähnten Stufen.) Als Dolomieu sie besuchte, strömte dichter Dampf aus; wie es scheint, war an andern Stellen die Gluth trocken. Spallanzani fand nur Spuren von Dampf u. 60°8 Wärme. Dolomieu zufolge war die Temperatur höchstens 57°5 an den offenen Löchern, aber an 2 geschlossenen Stellen bedeutender. Nach ihm fällt u. steigt die Hitze mit den Abwechselungen, die in den Vulkanen vorgehen u. auch Spallanzani bemerkt, dass zu gewissen Zeiten an den gewöhnlichen Stellen mehr warme Dünste (wahrscheinlich schwefligsaure) aufsteigen. Am Fusse des Berges sind Thermen (42°5? oder noch heisser nach Dolomieu), aus denen Schwefel-Dämpfe ausströmen sollen, u. deren salziges W. den Magen belästigt.

Wenn in einigen W. der Inseln von Lipari Borsäure gefunden worden ist (Bull. de pharm. IV, 88), so könnten auch die Stufen diese flüchtige Substanz enthalten.

Sicilien Calogeroberg, westlich von Sciacca, den Sagen nach vom mythischen Daedalus, oder von einem sonst unbekannten Heiligen, dem h. Calogero (wie viele Mönche genannt wurden), einem Sendboten des h. Petrus, eingerichtete Schwitzbäder. Griechische, punische oder doch wenigstens sehr alte Inschriften mit Krankheitsnamen zeugten aber dafür, dass diese Dämpfe schon von jeher in Gebrauch waren. Der fast 1100′ hohe Berg ist eine vulkanische Bildung u. enthält 4 von porösem Basalte u. Tuff ausgekleidete, künstlich erweiterte Grotten. Die grösste hat 33 Steinsitze u. eine in Stein ausgehauene flache Wanne. Die Dämpfe sind nach Borch 52°5, nach Andern 58°7 warm, sind schweflig, kommen, wie ich Harless zu verstehen glaube, theils aus eigenen Spalten, theils aus einem über 50′ tiefen Brunnen, der in einer dieser Grotten liegt u. ein „schweflig-kalisches" W. enthalten soll. Diese Schwitzbäder werden im Sommer von Nahe u. Fern stark besucht.

II. Nicht geschwefelte (oder nicht näher bekannte) Stufen.

Parthenopeischer Strand u. Ischia.

Stufa degli Astruni, 1 Migl. nordwestlich von S. Germano. Von Oribasius erwähnt.

Stufa di Nerone bei Pozzuoli, ein mit geruchlosen Dämpfen erfüllter Gang. Temperatur nach *James 50° nach vorn, 37—43° unten u. oben; das W. hat 85°. Nach Andern sind die Dämpfe 75° warm. Sie enthalten viel W., keine Spur von CO^2 (Guiscardi) noch von HS, wohl Spuren von Chlor. Der Sauerstoff betrug hier in 3 Versuchen 20,1, 19,9, 21,1 %, draussen 20,5 % nach Guiscardi. — Das Tritolibad (Balneum in Myrtetis) soll verschieden von der Nerostufe sein u. seine Dämpfe von einer mit Seewasser vermischten siedenden Qu. empfangen. Die Qu. soll viel Magnesiasalze u. unterschwefligs. Natron enthalten, riecht aber nicht nach Schwefel.

Eine Stufa bei Torre del Greco, südl. von Neapel, am Vesuv.

Stufa di Castigliano, nordwestl. von Ischia, 50—70° warm, angeblich nach Kalk riechend. Gräfe fand diesen Geruch nicht, auch keinen Kalk in den Dämpfen, die aus atmosphärischer Luft mit wenig CO^2 u. sehr wenig W. bestanden.

Stufa di Cacciuto auf der Nordseite von Ischia, bis 71° warm, reich an W.-Dampf. Verfallen.

Stufa di Citara, Westküste Ischia's, verfallene Fumarole, atmosphärische Luft, CO^2 u. etwas W. enthaltend, zu Zeiten reicher an W.-Dampf, in der Nähe einer, besonders Sulfate enthaltenden Therme.

Sicilien.

Zu Termini künstliche Dampfbäder. Sciacca's Stufa in einer gangförmigen Höhle.

§. 17. Beziehung der Thermen zu den Vulkanen.

Sunt autem cunctis permixti partibus ignes
Qui gravidas habitant fabricantes fulmina nubes
Et penetrant terras, Aetnaque minantur Olympo
Et calidas reddunt ipsis in fontibus aquas.
Manilius.

Diese Beziehung ist eine doppelte, einestheils hinsichtlich des Hervorkommens des Wassers, andererseits hinsichtlich der Wärme des Wassers. Man hat aber noch eine andere Connection der Thermen mit den Vulkanen darin gefunden, dass die Bestandtheile der M.W. auch als Auswürflinge u. Aushauchungen der Vulkane vorkommen. Fassen wir zunächst den letztern Punkt auf, so ist dabei zu beachten, dass die meisten Bestandtheile der Thermen den vulkanischen Werkstätten nicht ausschliesslich zukommen, oder vielmehr noch viel häufiger als Produkte der Verwitterung u. Auslaugung, wie als vulkanische Erzeugnisse vorkommen u. dass grade die an Vulkanen besonders oft beobachteten Exhalationen von Salzsäure u. schwefeliger Säure nicht gar häufig in den M.Wässern auftreten; wenigstens treten die genannten Säuren nicht neutralisirt selten in den Wässern auf, welche fern von den noch thätigen Vulkanen liegen. Nur die Kohlensäure kommt sehr häufig, wie bei den Vulkanen, auch bei M.Wässern vor; aber sie ist kein spezifisches Produkt des Vulkanismus, sondern die Erdwärme von etwa 100° genügt, ihre Entstehung aus zersetzten Erd-Carbonaten zu erklären.

Merkwürdig ist das Aufgelöstsein eines Gesteinslagers in der Nähe einiger M.Qu., wodurch dasselbe theils zu einer weichen, thonartigen Masse, theils zu einer Anhäufung von sandigen Theilchen geworden ist, in ähnlicher Art, wie sie auch bei manchen Gangbildungen auftritt, wo sie dem Bergmann dann als Andeutung des verminderten Erzgehaltes eine sehr verhasste Erscheinung ist. Nach *Stifft kommt diese Fäulung in nicht unbedeutenden Tiefen u. auf eine Art vor, dass man sie als Wirkung der Atmosphärilien nicht annehmen kann, indem das so veränderte Gesteinlager zwischen ganz unveränderten sich fand. Er hält übrigens dies für eine mit dem Dasein von M.Qu. nicht in nothwendigem Zusammenhange stehende Thatsache. Bei der Fachinger Qu. war ein Schalsteinlager, obwohl dem äussern Ansehen nach nicht verändert, doch in eine wasserhaltige, thonartige Masse umgewandelt; das darin enthaltene W. schmeckte nicht mineralisch. Auf der Platte bei Wiesbaden ist das Quarzgestein zu einer Art scharfen Sandes zerfallen. Mehr thonartig war der Taunusschiefer in der Nähe der Kronthaler u. Sodener Qu. verändert, zum Theil auch bei den Schlangenbader Quellen. Stifft dachte an die Einwirkung saurer Gase, die durch einst vorhandene Spalten aufgestiegen seien. Es wären dies also vielleicht vulkanische Emanationen in der Nähe der Quellspalten gewesen.

Bekanntlich werden bei vulkanischen Eruptionen die benachbarten Brunnen nicht selten durch die Gase u. Dämpfe des Feuerheerdes verändert. So hatte beim Vesuv-Ausbruche im Dez. 1861 das W. an verschiedenen Plätzen einen scharfen sauren Geschmack angenommen.

Der Vulkanismus ist eine geologische Thätigkeit, die sehr geeignet ist, durch Hebung, Zersprengung u Durchbohrung der tiefern Schichten u.

der obern Erdkruste dem W. Wege zu eröffnen, die es vorher nicht hatte; grossentheils ist es vielleicht sogar eben das W. selbst, das W. in dampfförmigem Zustande, das durch die Hitze auf einen hohen Grad von Spannung gebracht, einen Theil der vulkanischen Erscheinungen herbeiführt. Fliesst das W. nach der Eruption als Quelle beständig fort, so wird dadurch vielleicht die Ueberhitzung desselben u. die übermässige Spannung seiner Dämpfe u. die fernere Eruption verhindert. Auf das Zusammen- u. Nacheinander-Vorkommen von Wasser-Ergüssen u. Feuer-Ausbrüchen kommen wir an einer andern Stelle zurück.

Die andere Connection der Thermen mit den Vulkanen ist eine noch leichter erklärliche; es ist das Warmsein der Quellwässer u. das Aufsteigen von Wasserdämpfen in der Nähe der Vulkane, was als eine ganz allgemeine Erscheinung angesehen werden kann. Bei vielen Vulkanen, von deren Ausbrüchen die Ueberlieferung nichts weiss, u. welche nur durch geologische Thatsache sich als Feuerberge kund geben, fliessen mineralische Quellen. Wo diese mit keiner, merklich die Mitteltemperatur des Ortes übersteigenden Wärme zum Vorschein kommen, wie bei vielen Qu. in der vulkanischen Gegend des Laacher See's, kann man annehmen, dass die Abkühlung der vulkanischen Schichten im Laufe der Zeit schon so weit vollendet ist, dass das W. kaum noch Wärme von ihnen annimmt. Wo aber das W. noch offenbar hyperthermal ist, kann dennoch schon eine geraume Zeit seit der vulkanischen Eruption verstrichen sein.

Jahrtausende vergehen vielleicht darüber, dass eine grosse vulkanisch ausgeworfene Masse ganz abgekühlt ist u. Jahrhunderte mögen unter günstigen Umständen verstreichen, ehe die vom W. bespülten Spaltungen einer solchen Masse auch nur merklich erkaltet sind. Für die langsame Erkaltung der Lavaströme gibt es viele Beispiele, welche Naumann (Geognosie I, 1857) gesammelt hat. Manche Laven des Aetna hauchten 25—30 - 43 Jahre nach dem Ergusse Hitze und Dampf aus. Die Lava des Aetnas vom J. 1669 war nach 140 Jahren noch nicht ganz erkaltet. Die Vesuvlava von 1792 war nach Jahren noch zu heiss, um die Hand darauf zu halten. Hamilton zündete Holzspäne an in den Spalten einer vor 3½ Jahren geflossenen Lava. Eine Lava des Jorullo zündete noch 21 Jahre nach dem Ausbruche eine Cigarre an, dampfte 44 Jahre nach dem Ausbruche noch sichtbar, entsandte nach 87 Jahren noch zwei Fumarolen. Die Kruste, welche sich um die flüssige Lava bildet, hält ihre Gluth zurück.

Zuweilen, doch nicht immer, erfahren die einem Vulkane benachbarten Quellen eine Erhöhung ihrer Quellwärme zur Zeit der Feuer-Ausbrüche.

„Als der Vesuv im April 1831 Flammen u. flüssige Laven ausstiess, wurden mir am Fusse desselben, unfern von Resina, zwei frisch entstandene Luftquellen gezeigt, deren fast reine Kohlensäure, bei 17°5 Atmosphären-Temperatur, das tief eingesenkte Thermometer nur bis 22°5 steigen liess. Angesichts des in voller Thätigkeit begriffenen feuerwerfenden Berges fand ich den zu Neapel seitlich bei Castel-Ovo vorströmenden Eisensäuerling bei 11°25 Lufttemperatur in seiner stärkeren tieferen Strömung 18°75, in seinen beiden an 4′ hohen austretenden Abzweigungen 13°1 u. das einige Hundert Schritt weiterhin nach St. Lucia ebenfalls am Meeressaum empordringende, von Gasblasen durchwühlte Schwefel-W. 15° warm. Während derselben Epoche betrug an der entgegengesetzten Seite des Vesuvs die Temperatur der nur wenige Miglien von ihm entfernten, gas- u. schwefelmilchreichen Quellen Castellamare's bei 18°75 Luftwärme, 15° u. die der nachbarlichen Säuerlinge nur 13°75." (v. Gräfe.)

Als Beispiel von dem Vorhandensein vieler Thermal-W. in einer von vielen vorweltlichen Vulkanen besetzten Gegend kann die Auvergne dienen, worin u.

woran unter andern Thermalwässern die von Vichy, Montdore, la Bourboule, Clermont, Royat, St. Nectaire liegen. An die Häufigkeit der Thermen auf dem vulkanischen Boden Italiens braucht kaum erinnert zu werden. Ueber die Thermen u. Dampf-Exhalationen Siciliens, selbst in grossen Entfernungen (8—25 deutschen Meilen) vom Aetna haben wir schon das Wichtigste berichtet. Wie lange die unterirdische Gluth in Gegenden mit Thermal-Wässern schlummern kann, hat sich am Vesuv u. in der ehemals mit einer grossen Zahl von Thermen beglückten Gegend vom Bajae gezeigt. In der mit Vegetation bedeckten Kraterebene des Vesuvs zeigten sich aber, ehe er im J. 1631 nach langer Ruhe aufing wieder Feuer zu speien, nur wenige Tümpel mit warmem, salzigem oder saurem W. gefüllt. Schon fast ein Jahrhundert früher hatte sich die vulkanische Thätigkeit auf den phlegräischen Feldern in der Nähe von Neapel in grossartiger Weise geäussert. Der Boden dieser, von Bimsteintuff gebildeten Gefilde, hob sich in der Nähe von Pozzuoli im J. 1538 u. es bildete sich ein 180 M. hoher Bergkegel (Monte nuovo), der aus Aschen- u. Schlackentrümmern besteht. Bei seiner Bildung entstand auf der Spitze der Erhöhung ein Krater, welcher jene Aschen u. Schlacken auswarf.

Baccius (1569) spricht von dieser vulkanischen Erscheinung mit folgenden Worten: „Quae civitas (Baiae) in littore maris situ planissima, ac exinde virentium collium coronide amoenissima, distat... ab Averno 2000 pass. Tellus tota ut infra luxuriet sulphure, ac variis idcirco corripi solita sit incendiis; satis quidem et historiae declarant, et plane confirmant quibusdam recessibus vestigia, praerupti circa Avernum hiatus, horridique subeuntis hinc olim flammae crateres ac cavae rupes usque ad Cumas. Cum ergo multis elapsis seculis, nec de vicinis insulis, nec de Vesuvio, nec toto eo tractu terrarum, qui est infra et citra Puteolos, ulla extaret incendii memoria; demum A. 1538 circa Calendas Octob. cum intimi sonitus terraeque motus plures dies, et quae id genus praecedere solent signa incendiorum praecessissent, repente tellus in balneis Tripergulanis, quae in media sinus curvatura inter Baias erant et Puteolos, horrendissimo fragore diducta ingens hiatu edidit incendium, quo flammarum globus pumices in omnem viciniam, cineresque ad 50 usque milliaria reiectavit. In tantum, ut non Lucrini solum aquae (qui vicinus est lacus) usque ad Avernum sint contaminatae; sed marinis quoque ipsis ad duo fere mill. exiccatis, mons excelsus, nec inferior in conspectu Miseni factus est, quem Modernum.. appellant: trium (ut asserunt) milliariorum altitudine. Planicies, quae tot adeo naturae gratiis, nec minus aedificiis ornata, ac singularibus balneis erat conspicua; ingenti vi cinerum obruta remansit, locus confragosus, praeruptique hiantesque crateres, ac ipsa pluri ex parte balnea submersa iacuere. Cum innumeris vero aliis praecipuam cladem sensere nobilissima balnea quae... Sylvania dicta et postea Tripergulana.“ An anderer Stelle: „De submersis fontibus Campania felix ex gravissimo admodum incendio in Baiano sinu balnearum submersas dolet, iam XXX annis (1538) suas delitias ac thermas saluberrimas, quo mira contigerunt accidentia: nam alii fontes suffocati in totum, alii alia parte, aut mutata qualitate emerserunt, siccatum mare ac mons ingens, ubi olim mare, enatus. Nec cessat (schrieb Baccius 1569) portentum: nam Puteolis, non sunt adhuc tres anni, excitatas infra suas balneas ignis erupit tandem incendium, quo et alia submersa sunt balnea et littora non minus crasso cinere siccata cum undis ac funesta iacent.“ Einen Bericht von Bagliv führe ich später an.

Grönland. *Kircher führt folgende Stelle eines Venetianers Zenetus an: „Hic visitur Monasterium S. Thomae Dominicanorum, et ab eo non procul mons ignivomus, ex cuius pede fons ignitus erumpit; Hujus Fontis aquis per tubos derivatis, non modo omnes cellae Monachorum instar hypocaustorum calefiunt, sed etiam cibi, imo et ipse panis coquitur; tophum seu pumicem Mons evomit, ex quo totum est structum Coenobium; tophi enim hi aqua illa perfusi, quasi adhibito bitumine conglutinantur. Hic enim horti pulcherrimi aqua ferventi rigati, in quibus flores et fructus omnis generis. Haec autem aqua ubi per hortos decurrit, cadit in vicinum Sinum seu portum, quo fit, ut nunquam gelu concrescat, ideoque appellunt pisces et volucres innumeri, quibus incolae ad satietatem victitant. Sic scribit qui vidit et oram detexit Archithalassus Regis Daniae, Nicolaus Zenetus Venetus.“ Aehnlich berichtet Ortelius in Scandia nach *Simonis Majoli Angabe. Im J. 1783 soll ein

Vulkan in Thätigkeit gewesen sein; auch finden sich erloschene Vulkane. Quellen fehlen auf Grönland fast gänzlich. Die Ournartock-Qu. wird zu 39°5 angegeben.

Auf Java u. Sumatra sowohl als auf Island finden wir die Nachbarschaft von Vulkanen u. Thermen. In Amerika treffen wir unter andern am Tolima die Schwefel-Qu. von Juan u. am Puracé die Agua tibia, beide in einer Meereshöhe von etwa 12000′, jene 32°, diese 36° warm, dann eine Qu., auch nur etwa von derselben Temperatur, am Vulkane Paste. (Annal. d. Chim. et Phys. LII, 181.)

Die japanesische Insel Kiou-Siou trägt westlich vom Hafen Simbaara den Un-sen-gan-daké d. h. den hohen Berg der heissen Quellen, in dessen Nähe zahlreiche Thermen hervorbrechen. Er raucht im Allgemeinen wenig, doch ist der Boden stets erwärmt u. wenn es regnet, so scheint der Berg zu kochen. Es kommen auch glühend heisse Wasserdämpfe aus Höhlungen im Berge hervor, von denen eine dazu gebraucht worden ist, die zu Christen gewordenen Japanesen zu martern. Im J. 1793 stürzte der Gipfel desselben ein u. Ströme siedenden W. drangen von allen Seiten aus ihm hervor. (*Landgrebe Physik. Erdkunde, 1861.) In einem Berichte über die Expedition von Elgen heisst die Insel Kiusu u. der Berg Wurzentake. Bei seinem Ausbruche zerstörte er eine Stadt, wobei 35000 Menschen das Leben verloren.

Die Insel Deception, 62°55 S.Br., 60°29′ W.L. Greenw., besteht grösstentheils aus abwechselnden Lagen von Asche u. Eis. Jetzt beschränkt sich die vulkanische Thätigkeit darauf, dass aus etwa 150 Löchern beständig Dampf laut zischend entweicht. Der den See umgebende Strand besteht aus vulkanischer Asche; es brechen viele heisse Qu. aus ihm hervor, welche das ungewöhnliche Schauspiel darbieten, dass man W. von 60° unmittelbar aus dem mit Schnee bedeckten Boden u. in das eiskalte Meer abfliessen sieht. Die höchsten Berge der Insel messen wohl nicht über 1800 u. bestehen aus Asche, Schlacken u. Tuff. (*Landgrebe Physik. Erdkunde; 1861.)

§. 18. Die Thermen Neu-Seelands.

(Aus u. nach einer Schrift, welche Prof. F. v. Hochstetter neulich über Neu-Seeland veröffentlicht hat.)

»Wenige Meilen von der Nordküste der Nordinsel entfernt liegt die kleine Insel Whakari oder die »weisse Insel« (White Island) 863 F. hoch, deren Kegelberg, weithin sichtbar mit den fortwährend von ihm aufsteigenden weissen Dampfwolken, den zweiten noch thätigen Krater Neu-Seelands in sich schliesst. Die Entfernung vom Tongarirovulkan bis zum Whakarivulkan beträgt 120 nautische Meilen. Auf dieser ganzen Strecke, fast genau auf der Linie, welche die beiden noch thätigen Vulkane verbindet, siedet u. dampfet es an mehr als tausend Stellen aus tiefen Spalten u. Rissen, welche die Lavaschichten, aus welchen der Boden besteht, durchziehen — ein sicheres Zeichen der noch schlummernden unterirdischen Gluth — während zahlreiche Seen, unter denen der Tauposee mit einem Durchmesser von zwanzig englischen Meilen der bedeutendste ist, die grössern Einsenkungen des Bodens erfüllen.«

»Diess ist der durch seine kochenden Qu., dampfenden Fumarolen, Solfataren u. brodelnden Schlammkessel, oder wie die Eingebornen diese Erscheinungen nennen, durch die Ngawhas u. Puias so berühmt gewordene »See-Dictrict« im südöstlichen Theile der Provinz Auckland. Nur Missionäre, Beamte u. wenige Touristen sind bis jetzt auf den Maoripfaden durch Urwälder u. Sümpfe eingedrungen in diese merkwürdige Gegend; aber Alle, welche die Wunder, wie sie die Natur hier bietet, mit eigenen Augen gesehen, waren voll von Bewunderung u. Staunen. . . .«

»Der Taupo-See ist ein 25 Meilen langer, 20 Meilen breiter Binnensee, rings umgeben von vulkanischen Formationen. Man sieht dort zahlreiche Vulkankegel; der See selbst ist in Folge eines Einsturzes des Hochplateaus entstanden. Am anziehendsten sind die südlichen Ufer, woran zwei erloschene Krater liegen, aber an mehr als hundert Stellen Dämpfe u. heisse Qu. sind. An einer Bucht bei Pukawa sprudeln aus Conglomeratschichten Qu. von 52°, 62° u. 67°. Prachtvoll dunkelsmaragdgrüne Conferven überziehen die Stellen, wo das warme W. fliesst u. der Absatz aus denselben ist Kieselsinter. Auffallender Weise ist mitten unter diesen alkalischen Qu. auch ein Säuerling von 69°2, der viel Eisenocker absetzt. Ueber diesen Qu. am Bergabhange, vielleicht 500′ über dem See, dampft es an unzähligen Stellen. Der ganze nördliche Abhang des Kakaramea-Berges scheint von heissem W.-Dampf weich gekocht u. im Abrutschen begriffen zu sein. Aus allen Sprüngen u. Klüften an dieser Bergseite strömt heisser W.-Dampf u. kochendes W. mit einem fortwährenden Getöse, als wären hunderte von Dampfmaschinen im Gang. Die Eingebornen nennen diese dampfenden Bergrisse, auf welchen alles Gestein zu eisenoxydisch rothem Thon zersetzt ist, hipaoa, d. h. die Rauchfänge, u. am Fusse dieses Bergabhanges war es, wo im J. 1846 das Dorf Te Rapa von einem Schlammstrom bedeckt wurde. Die Bewohner des Pa Koroiti auf der Bergterrasse beim Waihi-Falle benutzen die Dampflöcher, um ihr Essen darauf zu kochen ... Das Hauptquellengebiet liegt jedoch an der Südostseite jener Bucht bei dem Maori-Dorfe Tokanu. Es umfasst von dem kleinen Kegelberg Maunganamu an bis zur Mündung des Tokanu-Flusses einen Flächenraum von ungefähr zwei englischen Quadratmeilen. Es ist jedoch unmöglich, alle einzelnen Punkte zu beschreiben, ich will nur einige der Hauptqu. erwähnen.«

»Die gewaltige, weithin vom See sichtbare Dampfsäule, die man bei Tokanu aufsteigen sieht, gehört dem grossen Sprudel Pirori an. Pirori bedeutet Strudel, Wirbel. Aus einem tiefen Loch an der linken Uferwand des Flusses steigt eine siedend-heisse W.-Säule von 2 Fuss Durchmesser, stets unter starker Dampfentwicklung, wirbelnd in die Höhe, 6—10 Fuss hoch. So sah ich den Sprudel. Die Eingebornen aber sagten mir, dass das W. oft mit gewaltigem Getöse mehr als 50 F. hoch ausgeworfen werde. Wenige Schritte davon liegt ein 8 F. weiter u. 6 F. tiefer mit chalcedonartigem Kieselselsinter überzogener Kessel Te Korokoroototopohinga, in welchem das W. fortwährend kocht. Weiter kamen wir an einen warmen Bach Te Atakoboreke mit 45°, der ein beliebter Badeplatz der Eingebornen ist. Auf der andern Seite des Bachs liegen drei Kessel dicht nebeneinander. Te Puia-nui, d. h. der grosse Sprudel, war mit klarem, nur leicht aufwallendem W. von 86° bis an den Rand erfüllt, so dass es in den zweiten Kessel überströmte. In diesem 8 F. weiten Kessel kochte ein grünlich weisser Schlamm, der eine Temperatur von 87° zeigte. Der dritte Kessel enthielt wieder klares kochendes Wasser. Alle drei Kessel sind mit Kieselsinterkrusten ausgekleidet u. stehen in einem periodischen Wechselspiel zu einander, so dass sich 1 füllt, während in 2 u. 3 das W. sinkt, u. umgekehrt. Auch behaupteten die Eingeborenen, dass der mittlere Kessel, den ich nur als einen kochenden Schlammpfuhl sah, im März u. April 1848 ein immenser

Geysir gewesen sei, der eine heisse W.-Säule gegen 100 F. hoch ausgeworfen habe, so dass das Dorf übergossen wurde. Auch aus anderen Wahrnehmungen geht hervor, dass in dem Quellengebiet fortwährend Veränderungen vor sich gehen, u. dass die Erscheinungen bei vielen der Qu. periodisch sind, ähnlich wie beim Geysir u. Strokkr in Island.«

»Eine 2—3 F. dicke, mitunter völlig opalartige Kieselsinterdecke, unter der feiner Thonschlamm liegt, bedeckt den grössern Theil des Quellengebietes. In kleineren Löchern, wo nur heisser W.-Dampf ausströmt, steigt das Thermometer auf 98° C. . Die Eingeborenen benützen auch hier die Dampflöcher zum Kochen, u. haben besondere Hütten für den Winter, die auf warmem Grund errichtet sind. Sie nennen die heissen Qu. puia, u. unterscheiden papa-puia, die Qu. mit klarem W., welche Kieselsinter absetzen, u. uku-puia, die kochenden Schlammpfuhle u. kleinen Schlammvulkane. Von schwefeliger Säure oder von *HS* konnte ich in diesem Quellengebiet nur schwache Spuren entdecken. Ich glaube, wenn man bei Tokanu u. am Abhange des Kakaramea alle einzelnen Stellen, wo entweder heisses W., oder Dampf, oder kochender Schlamm hervorbricht, zählen wollte, man würde mehr als 500 solcher Punkte finden. Diess ist aber nur eines, u. zwar lange nicht das bedeutendste jener zahreichen heissen Quellengebiete, die zwischen dem Tongariro-Vulkan u. der Insel Whakari (White Island) in der Plenty-Bay in einer Strecke von 120 Seemeilen zerstreut liegen«....

»Auch das nördlichste Ende des See's ist bemerkenswerth durch warme Quellen. Wohl auf eine Meile Erstreckung dem Ufer entlang dampft der See... Das heisse W. dringt an unzähligen Stellen am Strand zu Tage u. verkittet durch seine Kieselsinterabsätze den Sand u. das Gerölle zu festem Sandstein, der in grossen, oft 3 bis 6 F. dicken Platten, Eisschollen vergleichbar, das Ufer bedeckt. Ein leichter Schwefelwasserstoffgeruch macht sich im Gebiet dieser warmen Qu. bemerkbar.....«

»Denken wir uns vom Taupo-See aus zwei parallele Linien gezogen, welche dessen östliches u. westliches Ende berühren u. in nordöstlicher Richtung bis an die Bai des Ueberflusses reichen, so begrenzen diese beiden Linien, welche das zwischen der Kaingarao-Fläche u. dem Patetere-Waldplateau gelegene Berg- u. Hügelland einschliessen, auch den Raum, auf welchem an mehr als tausend Punkten heisse Dämpfe der Erde entströmen u. alle jene Erscheinungen von siedenden Qu., von Fumarolen, Schlammvulkanen u. Solfataren hervorrufen, für welche die Nordinsel von Neu-Seeland u. besonders die auf der eben bezeichneten Zone zwischen dem Taupo-See u. der Ostküste gelegene »Seegegend« oder der »See-Distrikt« so berühmt ist.«

„Die Erscheinungen sind denen auf Island ähnlich, u. wie die Isländer unter ihren warmen Qu. Hverjar, Námur u. Laugar *) unterscheiden, so machen auch die Mooris, wenn gleich nicht ganz so scharf, einen ähnlichen Unterschied, zwischen Puia, Ngawha u. Waiariki. Mit dem Worte Puia **) nämlich bezeichnen sie z. B. die intermittirenden, Geysir ähnlichen Sprudel von Tokanu, von Orakeikorako am Waikato u. von Whakarewarewa am Roturna-See... Ngawha ist das allgemeine Wort für nicht intermittirende Qu. u. vorzüglich für die mit heissen Qu.

---

*) Springende oder aufwallende Qu., Schlamm- u. Schwefelqu., Bäder. Ref.
**) Heisst auch Krater oder Vulkan. Ref.

durchzogenen Solfataren am Rotomahana, Rotorua u. Rotoriti. Die zum Baden geeigneten Qu. endlich, deren W. nie Siedhitze erreicht, u. alle natürlich warmen Bäder heissen Waiariki, den isländischen Laugar entsprechend."

Verf. wählte eine andere Route, als die Dieffenbach 1841 eingeschlagen hatte u. auf welcher dieser an Solfataren u. einer Quellgruppe mit dem Sprudel Te Kohaki vorbeigekommen war.

»Ungefähr 2 Meilen von Tapuaiharuru kamen wir« erzählt v. Hochstetter weiter »in das Otumaheke-Thal. Ein kleiner Bach mit warmem W. (21° C.) durchfliesst dasselbe, u. am linken Ufer steigt eine kolossale Dampfsäule hoch in die Luft. Wir konnten uns aber nur mit grosser Vorsicht der Stelle nähern, wo der Dampf ausströmt, da ringsherum der Thalboden völlig durchlöchert u. von Rissen u. Sprüngen durchzogen ist. Aus diesen Rissen u. Sprüngen aber dampft es, u. in den kesselförmigen Löchern kocht grauer Thonbrei oder milchig trübes Wasser. Auf eine grosse Strecke hin ist der ganze Boden erwärmt, u. völlig weichgesotten zu einer eisenschüssigen Thonmasse, auf der sich kleine Schlammvulkane erheben. Die Dampf- u. Schlammlöcher scheinen hier ihre Stellen fortwährend zu wechseln... Wir kamen glücklich zur Stelle, wo mit ungeheurer Gewalt u. unter lautem Zischen u. Brausen aus einem kreisrunden Loch am Fusse des Hügels der Wasser-

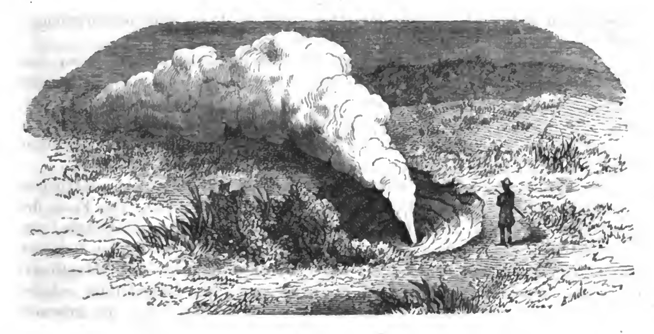


Fig. 1. Karapiti.

dampf ausströmt. Von andern Gasarten ist Nichts zu merken. Es ist hochgespannter W.-Dampf, der sich durch das lockere Bimssteingeschütte des Hügels Bahn gebrochen u. nun aus einer engen Röhre im Grunde des kreisförmigen Loches in etwas schiefer Richtung, wie aus einem Dampfkessel ausströmt, u. zwar mit solcher Gewalt, dass Zweige u. Farnbüschel, die wir über das Loch in den Dampfstrahl warfen, 20—30 F. hoch in die Luft geschleudert wurden. Die Eingeborenen nennen diese Dampfqu. Karapiti, d. h. umschlossen, kreisförmig. Ihre Dampfsäule ist es, die man schon vom östlichen Ufer des Taupo-Sees aus auf eine Entfernung von 12 bis 15 englischen Meilen wahrnimmt.« Dieffenbach hatte wahrscheinlich an derselben Stelle einen gewaltigen Sprudel gesehen, dessen W. 8—10 F. hoch ausgeworfen

wurde u. über den Siedpunkt erhitzt war. Vielleicht ist der Sprudel in die Dampfqu. umgewandelt worden, ähnlich wie es dem »brüllenden Geysir« in Island erging.

»An den Ufern des Waikato steigen weisse Dampfwolken auf von heissen Cascaden, die in den Fluss fallen, u. von Kesseln voll siedenden Wassers, die von heisser Steinmasse umschlossen sind. Dort steigt eine dampfende Fontaine in die Höhe u. sinkt wieder nieder, jetzt erhebt sich an einer andern Stelle eine zweite Fontaine, auch diese hört auf, da fangen aber zwei zu gleicher Zeit an zu springen, eine ganz unten am Flussufer, die andere gegenüber auf einer Terrasse, u. so dauert das Spiel wechselnd fort, als ob mit einem kunstvoll u. grossartig angelegten Wasserwerke Versuche gemacht würden, ob die Springbrunnen auch alle gehen, die Wasserfälle auch W. genug haben. Ich fing an zu zählen alle die einzelnen Stellen, wo ein kochendes W.-Becken sichtbar war, oder wo eine Dampfwolke ein solches andeutete. Ich zählte 76 Punkte, ohne jedoch das ganze Gebiet übersehen zu können, u. darunter sind viel intermittirende, geysirähnliche Springquellen, welche periodische W.-Eruptionen haben.«

»Das Bild, welches ich an Ort u. Stelle entwarf, kann nur eine schwache Vorstellung von der Grossartigkeit u. Eigenthümlichkeit der Erscheinungen geben, noch weniger aber vermag diess eine Beschreibung.« Sieh die vor den Titel gebundene Tafel. *)

»Das Quellengebiet erstreckt sich dem Waikato entlang etwa eine englische Meile weit an beiden Flussufern, vom Fusse des steilen Bergkegels Whakapapataringa südlich bis zum Fuss des waldigen Tutukau-Berges nördlich. Der grössere Theil der Qu. liegt am rechten Ufer, ist äusserst schwer zugänglich... Ich musste mich auf eine nähere Besichtigung der am linken Flussufer dicht unter dem Dorfe liegenden Qu. beschränken.»

»Eine grosse 120 Schritt lange u. eben so breite aus weisslichem Kieselsinter bestehende Felsplatte, ... die sich als schiefe Fläche vom Fusse des Tutukau-Berges bis in den Waikato hineinzieht, eine wahre »Sprudelschale« umfasst hier einige der merkwürdigsten u. bedeutendsten Qu. des ganzen Gebietes, besonders die Puia te mimi-a Homaiterangi (d. d. Urin des [Häuptlings] Homaiterangi). Sie liegt dicht am Flussufer auf einem blasenförmig erhobenen Theil der Sprudelschale. Die Art u. Weise, wie wir über die intermittirenden Eigenschaften dieses Sprudels belehrt wurden, zeigt, wie sehr Vorsicht nothwendig ist, wenn man zum erstenmal u. ohne kundige Führer sich solchen Qu. nähert. Meine Reisegefährten wollten nämlich am frühen Morgen sich den Genuss eines Bades im Waikato verschaffen u. hatten eben ihre Kleider in der Nähe eines Bassins voll siedenden Wassers niedergelegt, als sie plötzlich neben sich heftige Detonationen vernahmen u. sahen, wie das W. in dem Bassin mächtig aufwallte. Erschreckt sprangen sie zurück u. hatten eben noch Zeit, einem Gussbad siedend heissen Wassers zu entrinnen. denn aus dem Bassin wurde jetzt unter Zischen u. Brausen eine dampfende W.-Säule in schiefer Richtung gegen 20 F. hoch in die Höhe geworfen.

*) Herrn Prof. Dr. v. Hochstetter u. dem Verleger seines höchst interessanten Prachtwerkes bin ich für die gütige Ueberlassung dieser Tafel u. noch zweier Holzschnitte den verbindlichsten Dank schuldig.

Noch in grösster Aufregung erzählten mir meine Gefährten ihr Abenteuer mit dem heimtückischen Geysir; als ich aber zur Stelle kam, da war längst wieder alles ruhig, u. in dem 4 bis 5 F. weiten kesselförmigen Becken sah ich krystallhelles W. nur leicht aufwallen. Es zeigte eine Temperatur von 94° C., reagirte völlig neutral u. schmeckte wie leichte Fleischbrühe. Die erste W.-Eruption, welche ich selbst beobachtete, erfolgte um 11h20' Vormittags. Das Becken war kurz vor der Eruption bis zum Rande voll. Unter deutlich vernehmbarem, murmelndem Geräusche in der Tiefe des Beckens kam das W. in immer heftigeres Kochen, u. wurde dann plötzlich unter einem Winkel von 70° in südsüdöstlicher Richtung mit grosser Gewalt ausgeworfen 20 bis 30 F. hoch. Mit dem W. brachen unter zischendem Gebrause gewaltige Dampfmassen aus dem Kessel hervor, welche die Wassergarbe theilweise verhüllten. Diess dauerte anderthalb Minuten, dann nahm die auswerfende Kraft ab, das W. sprang nur noch 1 bis 2 F. hoch u. nach 2 Minuten hörte unter einem dumpfen, gurgelnden Geräusch das Wasserspiel ganz auf. Als ich jetzt an das Bassin herantrat, war es leer, u. ich konnte 8 F. tief hinabsehen in ein trichterförmig sich verengendes Loch, aus dem unter Zischen W.-Dampf entwich. Allmälig aber stieg wieder W. empor, nach 10 Minuten war das Becken wieder voll, u. um 1h36' Nachmittags fand die zweite Eruption statt, um 3h10' die dritte, welche ich zu beobachten Gelegenheit hatte. Die Eruptionen scheinen demnach etwa alle 2 Stunden einzutreten. Der Absatz dieser, wie aller umliegenden Qu. ist Kieselsinter; der frische Absatz ist gelatinartig weich, allmälig erhärtet er zu einer zerreiblichen sandig sich anfühlenden Masse, u. endlich bildet sich aus den übereinander abgelagerten Schichten ein festes Gestein von der mannigfaltigsten Beschaffenheit in Farbe u. Structur an verschiedenen Stellen. Bald ist es eine strahlig faserige oder eine stängliche Masse von lichtbrauner Farbe, bald stahlharter Chalcedon oder grauer feuersteinartiger Hornstein; an andern Stellen ist der Sinter weiss mit glänzendem, muschlichem Bruche wie Milchopal, oder mit erdigem Bruch wie Magnesit.«

»Eine zweite Puia, etwa 30 Schritte von dem Geysir entfernt, heisst Orakeikorako. Es ist ein elliptisches Bassin von 8 F. Länge u. Tiefe, bei 6 F. Breite, das bis zur Hälfte gefüllt war mit krystallklarem, leicht aufwallendem Wasser.«

»Die Hauptqu. jedoch, welche jener grossen Sprudelschale vorzugsweise ihre Entstehung verdankt, liegt dicht am Fusse der ansteigenden Hügel. Es ist ein gewaltiger, beständig 2 bis 3 F. hoch aufwallender Sprudel, dessen klares W. eine Temperatur von 98° C. zeigte. Wenn ich die von dem kochenden W.-Becken in grossen Wolken aufsteigenden, vom Winde auf die Seite getriebenen Dämpfe über mich hinstreichen liess, so war Schwefelwasserstoff ziemlich stark bemerkbar. Der mich begleitende Häuptling erzählte mir, dass dieser Sprudel nach dem Erdbeben von Wellington im J. 1848 zwei Jahre lang ein Geysir gewesen sei, der gegen 100 F. hoch sprang (wohl etwas Uebertreibung dabei) u. mit furchtbarer Gewalt selbst grosse Steine, wenn man sie hineinwarf, wieder ausschleuderte. Drei in der Nähe liegende kleinere Bassins, die früher wahrscheinlich auch selbstständige Qu. waren, werden jetzt durch den Abfluss des Sprudels gefüllt, und bilden

vortreffliche natürliche Badebassins. Das W. fliesst von einem Bassin in das andere, so dass man eine dreifache Wahl in der Temperatur hat. Im ersten Bassin fand ich 46°, im zweiten 42°, u. im dritten 34°. Das letztere hat, bei 3 bis 5 F. Tiefe, gerade die Dimensionen einer grossen Badewanne, sein Becken ist von schneeweissem Kieselsinter, wie vom reinsten Marmor. Diesen Qu. wird auch eine bedeutende Heilkraft zugeschrieben«...

»Zu beiden Seiten des beschriebenen Sprudelgebietes flussauf- u. flussabwärts liegen, im Gebüsche der Uferbänke verborgen, zahlreiche kochende Schlammtümpel, denen man sich nur mit grösster Vorsicht nahen kann, da der erweichte, von keiner Sinterdecke geschützte Boden nachgibt. Den grössten dieser Schlammkessel sah ich einige hundert Schritte flussabwärts. Er hat eine elliptische Gestalt, ist 14 F. lang, 6 bis 8 F. breit u. eben so tief. Darin kochte ein von Eisenoxyd intensiv roth gefärbter Schlamm, zähe Schlammblasen erhoben sich, platzten, einen schwefeligen Gestank aushauchend, u. sanken wieder zurück, ein wahrhaft infernalischer Anblick. Wehe dem der hier einen Fehltritt thut!«...

»Am gegenüberliegenden Flussufer liegt die Puia Tuhi-tarata. Der Abfluss aus einem Kessel voll lichtblau schimmernden Wassers bildet eine dampfende Cascade über eine in Terrassen zum Fluss abfallende, u. in den buntesten Farben, weiss, roth u. gelb schimmernde Sinterablagerung. Dasselbe Schauspiel wiederholt sich flussaufwärts noch fünf- bis sechsmal, u. dazwischen bemerkt man Punkte, wo periodische Eruptionen stattfinden, hier alle 5 Minuten, an andern Stellen alle 10 Minuten. Ueberall aber, wo man an der steil abfallenden, mit dichtem Buschwerk bewachsenen Uferterrasse nackte rothe Stellen bemerkt, da dampft es, u. ebenso sieht man aus einem die Uferterrasse durchschneidenden Seitenthale an unzähligen Stellen Dampf aufsteigen. Allein, wenn es unmöglich ist, hier Alles zu sehen, so ist es noch unmöglicher, Alles zu beschreiben. Orakeikorako mit seinen heissen Qu. würde ein unerschöpfliches Feld für jahrelange Beobachtungen sein.«

Im weitern Verfolge der Reise gelangte Verf. zu der Pairoo-Kette, die auch durch Dampfwolken u. rothe vegetationslose Flecke unzählige Dampfausströmungen, Thermen u. Schlammpfuhle kund gibt. Hier ist namentlich unter vielen andern Schlammkesseln ein 30 F. durchmessender, dessen Thonbrei in grossen Blasen sich erhebt u. unter zischendem Geräusch des entweichenden W.-Dampfes sich über den Rand des Kessels ergiesst. Die Schlammpfuhle ziehen sich bis auf die Höhe des Gebirges, wo ein grosser Sprudel Te kopiha liegt. Am Bache Waikite liegen wohl 20 kreisrunde, 6—10 F. tiefe u. weite Löcher. die mit kochendem, theils klarem, theils milchigem W., oder auch mit Schlamm gefüllt sind. Keiner der Brunnen ist bis zum Rande voll. An keinem sind Kieselsinterkrusten.

Ehe der Verf. das Thermalgebiet des Rotomahana, d. i. des warmen Sees näher beschreibt, gedenkt er einer Felsklippe im See, Puai, die nichts Anderes ist, als ein zerklüfteter, von heissen Dämpfen zersetzter, lockerer Fels, aus dem allenthalben Dämpfe u. heisses W. hervorkommt. »Wo man nur ein wenig in die Erde grub, oder die vorhandene Felsspalten von den Krusten, welche sich darin gebildet hatten, reinigte, da war der Ofen fertig, aus dem man über ausgebreiteten Farnkräutern die Kartoffeln u. das

Fleisch im Dampf kochen konnte. An einigen Stellen sind die Felsspalten mit Schwefelkrusten überzogen u. ein starker Geruch nach schwefliger Säure macht sich bemerkbar, an andern Stellen fand ich unter Kieselsinterplatten faserigen Alaun angesetzt.« Nur 40 F. davon getrennt liegt eine ähnlich beschaffene Insel. Der Rotomahana ist ein kaum über 3/4 nautische Meilen langer u. 1/4 Ml. breiter See (1088′ ü. M.) von etwa 26° durchschnittlicher Wärme (stellenweise bis 40°). Die Menge kochend heissen Wassers, welche in u. am See hervorkommt, ist kolossal. Die vorzüglichsten Qu. liegen am östlichen Ufer; sie gehören zum Grossartigsten, was man überhaupt von heissen Qu. kennt. Von Norden nach Süden liegen die Qu. wie sie hier genannt werden. Te Tarata am nordwestlichen Ende des Sees.

»Dieser gewaltige kochende Sprudel mit seinen weit in den See hineinreichenden Sintermassen ist das wunderbarste unter den Wundern des Rotomahana. Etwa 80 F. hoch über dem See an einem farnbewachsenen Hügelabhang, an welchem an zahlreichen, durch Eisenoxyd gerötheten Stellen heisse W.-Dämpfe entweichen, liegt in einem kraterförmigen, nach der Seeseite gegen West offenen Kessel mit steilen, 30—40 F. hohen, roth zersetzten thonigen Wänden das grosse Hauptbassin des Sprudels. Es ist bei 80 F. lang u. 60 F. breit u. bis an den Rand gefüllt mit vollkommen klarem, durchsichtigem W., das in dem schneeweiss übersinterten Becken wunderschön blau erscheint, türkisblau oder wie das Blau mancher Edelopale. Am Rande des Bassins fand ich eine Temperatur von 84° C.; in der Mitte aber, wo das W. fortwährend mehrere F. hoch aufwallt, wird es Siedhitze haben. Ungeheuere Dampfwolken, die das Blau des Beckens reflectiren, wirbeln auf u. verhindern meist den Anblick der ganzen W.-Fläche; aber das Geräusch des Aufwallens u. Siedens kann man stets deutlich vernehmen. Der Eingeborene, der mir als Führer diente, sagte aus, dass bisweilen die ganze W.-Masse mit ungeheuerer Gewalt ausgeworfen werde u. dass man dann gegen 30 F. tief in das leere Bassin blicken könne, das sich aber sehr schnell wieder fülle. Nur bei heftigem, anhaltendem Ostwinde sollen solche Eruptionen vorkommen.... Wenn dem so ist, so wäre die Tetarata-Qu. ein in langen Perioden spielender Geysir...« (Ueber die Beschaffenheit des W. u. des Sinters s. Hydro-Chemie S. 669.)

»Der flach ausgebreitete Fuss des wunderbaren Baus reicht weit in den Rotomahana hinein. Dann beginnen die Terrassen mit niedern Absätzen, welche seichte W.-Bassins tragen. Je höher nach oben, desto höher werden die Terrassen, 2, 3, manche auch 4 bis 6 F. hoch. Sie sind von einer Anzahl halbrunder Stufen oder Becken gebildet, von welcher sich jedoch nicht zwei in ganz gleicher Höhe befinden. Jede dieser Stufen hat einen kleinen erhabenen Rand, von welchem zarte Tropfsteinbildungen auf die tiefere Stufe herabhängen, u. eine bald schmälere, bald breitere Plattform, die ein oder mehrere im schönsten Blau schimmernde W.-Becken umschliesst. Diese W.-Becken bilden eben so viele natürliche Badebassins, die der raffinirteste Luxus nicht prächtiger u. bequemer hätte herstellen können. Man kann sich die Bassins seicht u. tief, gross u. klein auswählen, wie man will, u. von jeder beliebigen Temperatur... Einige der Becken sind so gross u. tief, dass man bequem darin herumschwimmen kann.... Für gewöhnlich rieselt nur sehr

wenig W. über die Terrassen u. nur der Hauptabfluss an der Südseite bildet einen heissen Bach mit dampfenden W.-Fällen. Hat man die höchste Terrasse erreicht, so befindet man sich auf einer breiten Plattform, in die mehrere 5 bis 6 F. tiefe prächtige Badebassins eingesenkt sind, deren W. eine Temperatur von 30°, 40° u. 50° hat. In der Mitte dieser Plattform erhebt sich inselartig, dicht am Rande des Hauptbassins ungefähr 12 F. hoch eine mit Manuka-Gebüsch (Leptospermum), mit Moosen, Lykopodien u. Farnen überwachsene Felsinsel, die man ohne Gefahr betreten kann u. von der aus man in das blaue kochende u. dampfende Hauptbassin blickt. Solcher Art ist der berühmte Tetarata-Sprudel. Das reine Weiss der Sinterbildungen im Gegensatz zum Blau des W., zum Grün der umgebenden Vegetation u. zu dem intensiven Roth der nackten Erdwände des Wasserkraters, die aufwirbelnden Dampfwolken, Alles zusammen gibt ein Bild, das einzig in seiner Art ist. Der Sammler aber hat reichliche Gelegenheit, ganze Körbe mit schönen Exemplaren von den zartesten Tropfsteinbildungen, von incrustirten Zweigen, Blättern u. dgl. anzufüllen; denn alles, was auf den Terrassen liegt, wird in kurzer Zeit inkrustirt«....

»Am Fuss der Tetarata-Qu. führt durch das Buschwerk am Hügelabhang hin ein Pfad nach dem grossen Nhagapu- (oder Ohapu-)Sprudel. Er liegt nahe am Uferrand ungefähr 10 F. über dem See. Die riesige Dampfsäule, die stets von ihm aufsteigt, verräth seine Lage schon aus der Entfernung. Das Becken ist oval, 40 F. lang, 30 F. breit, das W. in demselben klar u. durchsichtig, aber fast immer in furchtbarer Aufregung; nur kurze Momente, wenige Sekunden lang, ist es ruhig in dem Kessel; dann wallt es wieder auf, bald mehr auf dieser, bald mehr auf jener Seite, es schäumt weiss auf, das W. wird 8 bis 10 F. in die Höhe geworfen, u. eine furchtbare Brandung von kochend heissen Wellen stürmt mit Gebrause an die Bassinwände, so dass man scheu zurücktritt. Aber der erhöhte Rand von Kieselsinter verhindert den Erguss des W. über die das Becken umgebende Sprudelschale. Der Abfluss ist von den Eingeborenen mit Sinterplatten ausgelegt u. nach mehreren künstlich angelegten Badebassins geleitet. Das Thermometer stieg in den heissen Wellen auf 98°, das W. hatte eine schwach röthende Wirkung auf blaues Lackmuspapier. Der Kieselsinter, den der Sprudel absetzt, hat eine schmutzig braune Farbe, u. rückwärts an den Hügelseiten, wo es aus Rissen u. Spalten hervordampft, bemerkt man auch Schwefelkrusten.«

Ausser dem kleinen Nhagapu u. dem Te Takapo, einem Sinterkessel mit 96° warmem, oft 30—40 F. aufspringendem W. u. vielen andern Qu. erwähnt der Verf. der Schlucht Waikanapanaka am grünen See. »In der Schlucht sieht es aus wie in einem Vulkankrater. Die nackten vegetationsleeren Wände sind furchtbar zerrissen u. zerklüftet; abenteuerliche, jeden Augenblick den Einsturz drohende Felszacken, ragen aus rothem, weissem u. blauem Fumarolenthon gespenstisch in die Höhe — offenbar die letzten Reste des von den heissen Dämpfen, die in allen Ecken u. Enden hervorströmen, zersetzten Grundgebirges. Den Boden der Schlucht bildet feiner Schlamm, u. dicke, zerborstene u. zerbrochene Sinterplatten liegen herum, wie Eisschollen nach einem Eisgang. Hier ist ein Höllenpfuhl voll brodelnden Schlammes,

dort ein tiefer Kessel voll siedenden Wassers, daneben ein furchtbares Loch, aus dem zischend heisser Dampf herausfährt u. weiterhin sieht man kleine Schlammkegel von 2—5 F. Höhe, Schlammvulkane, die aus ihren Kratern mit dumpfem Geräusch heissen Schlamm auswerfen u. im Kleinen das Spiel grosser Feuervulkane nachahmen.« Im Hintergrunde u. höher liegt der grüne See, der einem abgestorbenen Sprudel anzugehören scheint, am Ausgange der Schlucht der Ruakiwi, ein Kessel mit W. von 98°, das fortwährend leicht aufkocht, am Ufer des Sees ein kleiner Sprudel Te Kapiti. Dem Gebiete der ruhigen Qu. Ngawhana gehören mehrere Qu. an, die alle Antheil nehmen an den Sinterablagerungen, welche den Hügelabhang bedecken. Höher liegt der Koingo (»der Seufzende«), ein intermittirender Sprudel, dessen W.-Ergüsse drei bis viermal im Tage erfolgen u. mit denen des benachbarten Watapoho wechseln sollen. »Das Becken des Sprudels, 9 F. lang u. 5 F. breit, ist von einer dicken Sinterkruste umgeben. Als ich an den Rand des Beckens trat, war das W. ruhig u. nur schwach dampfend. Es stand so nieder, dass kein Abfluss durch die von den Eingeborenen angelegten Rinnen stattfand. Jedoch mit einemmale begann es lebendig zu werden, das W. stieg, bald war das ganze Becken bis an den Rand erfüllt u. kochte endlich in einer 3 bis 4 F. hoch aufsprudelnden W.-Masse über. Diess dauerte ungefähr 10 Minuten, dann starb der Sprudel wieder ab, ein dumpfes Geräusch, wie wenn sich das W. durch eine enge Röhre zurückziehen würde, wurde hörbar u. das W. im Becken stand wieder nieder u. war ruhig, wie zuvor. Es hatte in diesem Zustand eine Temperatur von 94° C.«....

»Unweit davon ist der Watapoho, einer der merkwürdigsten Punkte am See, halb Sprudel, halb Solfatara, halb Fumarole oder eigentlich alles zusammen. Aus einem tiefen schachtähnlichen Loch zwischen morschen, aschgrau aussehenden Felszacken strömt, wie aus einem Dampfkessel mit unheimlichem Gebrause heisser W.-Dampf u. schwefligsaures Gas hervor. Man kann, da es zu gefährlich ist, sich ganz zu nähern, nicht in die Tiefe des Schachtes blicken, sieht aber doch, wie die Dampfsäule auch W. mit herausschleudert. Die Vegetation ist ringsum erstorben, Schwefelkrusten u. Kieselsinter bedecken den Boden u. die Spalten des Gesteins. Bisweilen soll der Watapoho eine siedende W.-Säule hoch auswerfen.«

»Die genannten Qu. sind nur die Hauptquellen an der Ostseite des Rotomahana, sie liegen alle am Abhange eines gegen 200 F. über den See sich erhebenden Hügels, an dem es noch an mehr als hundert andern Stellen dampft.«

An der Südostseite des Sees liegt die Qu. Whakaehu u. eine ganze Reihe kleiner kochender Quellen; an der Westseite bildet der grosse Terrassensprudel Otukapuarangi (Tutupuarangi) das Gegenstück zum Tetarata-Sprudel. Die Stufen reichen bis zum See u. man steigt, wie auf einer künstlichen Marmortreppe, die zu beiden Seiten mit Gebüschen geschmückt ist, in die Höhe. Die Terrassen sind jedoch weniger grossartig, aber zierlicher u. von rosenrother Farbe. Die Plattform ist hundert Schritt lang u. breit. Sie trägt zierliche Bassins mit blauem W. von 30—40° u. im Hintergrunde das 40—50 F. im Durchmesser haltende Quellbecken mit einem ruhigen W. von 80°, dessen Dämpfe nach schwefeliger Säure riechen. Stellenweise ist Schwefel

abgelagert. Grossartiger zeigt sich diese Ablagerung in der Solfatare Te Whakataratara, einem Kessel voll heissen gelblichweissen, stark sauren Wassers. Ausserdem wird noch die Lage der Sprudel Atetuhi u. Te Waiti, sowie die Namen anderer Ngawhas angegeben.

Ohinemutu ist in Neu-Seeland weit u. breit berühmt durch seine heissen Qu. u. vortrefflichen Bäder (Waiariki). Den Mittelpunkt des Quellengebiets bildet die Ruapeka-Bucht. Da siedet, sprudelt u. dampft es aus Hunderten von Löchern in der mannigfaltigsten Form u. Gestalt. »Die Hauptqu. ist der grosse Waikite-Sprudel am südlichen Ende jener Bucht. Das Sprudelbecken steht mit dem See in Verbindung, u. den immensen W.-Quantitäten, welche jener Sprudel zu Tage fördert, muss die Erwärmung der ganzen Bucht zugeschrieben werden. Diese ist daher ein beliebter Badeplatz. . . . Das W. des Sprudels ist vollkommen klar. Kurze Augenblicke ist es ganz ruhig in dem grossen Becken u. nur weisse Dampfwolken steigen auf, dann aber wallt es wieder mächtig auf, 4 bis 6 F. hoch, bisweilen sogar 10 bis 12 F. hoch. Der kleine Waikite-Sprudel liegt wenige Schritte über dem grossen am Land. Es ist ein 4 bis 5 F. weiter Kessel, in welchem das W. ungefähr alle 5 Minuten mehrere Fuss hoch aufwallt u. dann in den Zwischenpausen 6—7 F. tief hinabsinkt. Die Temperatur fand ich zu 93 C.. Man muss, indem man auf diesem Quellengebiet zwischen zahllosen Tümpeln mit kochendem Schlamm oder W. herumgeht, äusserst vorsichtig sein, um nicht einen falschen Tritt zu thun u. in heissen Schlamm einzusinken. Wer einmal ein solch unfreiwilliges Fussbad in siedendem W. oder kochendem Schlamm genommmen, wird sein ganzes Leben daran zu denken haben. Dass selbst grössere Unglücksfälle nicht zu den seltensten gehören, beweisen einzelne Denkmale in Form von aus Holz geschnitzten Figuren, die an solchen Stellen aufgestellt sind, wo Menschen verunglückten.«

»Von der Ruapeka-Bucht aus ziehen sich die heissen Qu. in südöstlicher Richtung am Fusse des Pukeroa hin, dem Utuhina-Bach entlang bis zu der kleinen Niederlassung Tarewa. In dieser Richtung liegen weiter zwei kleine, von heissen Qu. gespeiste warme Teiche, Kuirau u. Timara, beide sehr beliebte Badeplätze der Eingeborenen. Auch an der Süd- u. Ostseite des Pukeroa dampft es an verschiedenen Punkten. Kolossale Sinterblöcke von 2—3 F. Dicke, aus einer Masse bestehend, die dem Milchopal am nächsten steht, liegen am Abhang u. am Fusse des Hügels zerstreut, u. deuten darauf hin, dass die Quellenthätigkeit in frühern Perioden, namentlich an der Ostseite des Hügels noch weit ausgedehnter war, oder dass der Platz der Quellen wechselt. Die Eingeborenen haben besondere Badequ., besondere Qu. zum Kochen, u. andere, in denen sie ihre Wäsche waschen. An Stellen, wo aus dem Boden nur heisse Dämpfe entströmen, haben sie Dunstbäder eingerichtet u. auf den erwärmten Sinterplatten der Sprudelschalen Hütten für den Winter gebaut; als besonderer Vorzug wird gerühmt, dass sich in diesen natürlichen Warmhäusern kein Ungeziefer aufhalte. Die ganze Atmosphäre in u. um Ohinemutu ist stets mit W.-Dämpfen u. schwefeligen Gasen erfüllt. Diess scheint aber den Bewohnern nur zuträglich zu sein«. . . . *)

---

*) Auch auf der kleinen Insel Mokoia sind zahlreiche heisse Qu. (Waikimihia, Kaiweka, Kapoao, Paipairau).

Zu Whakarewarewa, 3 Ml. südöstlich von Ohinemuto liegt das grossartigste Quellengebiet der Roturua-Gegend. »Die Hauptquellen liegen auf dem rechten Ufer des Puarenga-Baches. Sieben oder acht derselben haben periodische W.-Eruptionen, sind also geysirähnliche Springqu., die jedoch ihre eigenen, noch nicht erforschten Launen haben u. den Besuchern nicht gerade immer den Gefallen thun, ihr schönes Kunststück zu zeigen. Bisweilen soll es vorkommen, dass alle zusammen spielen; die Eingeborenen behaupten, diess sei meist bei heftigen Oststürmen der Fall. Ich selbst war nicht so glücklich, ein solch grossartiges Schauspiel mit anzusehen, sondern musste mich begnügen, eine kleine Eruption des Waikite zu beobachten. Die Mündung des Springers liegt auf der Spitze eines von der Qu. selbst



Fig. 2. Waikite.

aufgebauten flachen Sinterkegels von etwa 100 F. Durchmesser u. 15 F. Höhe, der zwischen grünem Manuka- u. Farngebüsche liegend einen ausserordentlich malerischen Anblick gewährt. Der Kegel besteht aus weissem Kieselsinter, hat aber viele Risse u. Löcher, die alle mit zierlichen Schwefelkrystallen incrustirt sind; die heissen Dämpfe, die aus diesen Löchern ausströmen, riechen indess weder nach schwefliger Säure, noch nach Schwefelwasserstoff, sondern nur nach sublimirtem Schwefel. In Pausen von 8 Minuten ungefähr wirft der Waikite eine 2 bis 3 F. dicke W.-Säule 6 bis 8 F. hoch aus. Im Januar u. Februar aber soll er sich in seiner ganzen Glorie zeigen u. 30 bis 35 F. hoch springen.«

»Etwas südlich vom Waikite liegt der Pohutu-Sprudel. Sein Kessel ist oben 12 F. weit. Die Kieselsintermassen, die ihn umgeben, sind sehr

ausgedehnt u. mehr als 20 F. hoch aufgethürmt, von Spalten durchzogen u. zerbrochen; der Schwefelabsatz ist hier noch bedeutender als am Waikite. Parikohuru u. Paratiatia heissen die Qu., aus denen sich die grossen Badebassins von 50 u. mehr F. Durchmesser füllen, in welchen die Eingeborenen, Männer u. Weiber untereinander, alle gemüthlich ihre Pfeifen rauchend u. sich unterhaltend, stundenlange Bäder nehmen. Das heisse Quellengebiet erstreckt sich von Whakarewarewa dem Laufe des Puarenga-Flusses entlang $1^1/_2$ Meilen weit bis zur Tearikiroa-Bucht am Roturua-See. Die Anzahl der kleinern Sprudel, der kochenden Schlammkessel, die Schlammvulkane u. Solfataren, die auf diesem ausgedehnten Gebiete liegen, muss nach Hunderten gezählt werden, u. nur zwei Punkte will ich noch besonders erwähnen. Bei der Halbinsel Motutara an der Westseite des Arikiroa-Bai liegt ein 14 F. langes u. 6 F. breites Bassin, Oruawhata von den Eingeborenen genannt, voll heissen W. von 84°, das neutral reagirt, dicht daneben ein 80 F. langes u. 14 F. breites kaltes (12°) W.-Becken, dessen gelblichweisses, durch Schwefelsäure angesäuertes W. sehr stark sauer reagirt. Auch die Arikiroa-Bucht hat sauer reagirendes, gelblichweisses W. etc. . . .« Zwischen dem Roturua- u. dem Rotoiti-See liegt noch eine Gruppe von Solfataren oder Nghawas. Den Anfang macht Tikitere, ein ganzes Thal voll Solfataren, brodelnder Schlammtümpel u. heisser Quellen, worunter ein W.-Becken von 50—60 F. Durchmesser, nördlich davon andere Solfataren, worunter auch Ruahine am Rotoiti-See. In der Bay of Plenty liegt Motu Hora (Whale Island), 4 Seemeilen von der Küste, worauf zahlreiche Qu. vorkommen sollen, u. Whakari (White Island), 28 Seemeilen von der Küste u. 820 F. hoch. Letzteres ist der berühmte Punkt, der neben Tongarico unter den thätigen Vulkanen Neu-Seelands aufgeführt wird. Der Krater, dessen Boden im Niveau des Meeres liegt, hat $1^1/_2$ Meilen im Umfang. In seiner Mitte ist ein heisser See, eine Solfatare, 300 F. im Umfang, die bei ruhigem Wetter dicke weisse Dampfwolken volle 2000 F. hoch in die Luft entsendet. Ringsherum sind zahlreiche Fumarolen von W.-Dampf.

§. 19. Hypothesen über den Ursprung der Wärme der Thermen.

> Putantur causae calor terrae innatus, per cumulum terrae congestus, ex putredine ortus, a materia adjacente impressus, motu elisus, sole illatus, igne succensus.
>
> Dortomann Beliluc. 1579.

Literatur. Besondere Schriften: *Degen Ueb. d. warm. Quellen, 1857. France (Thèse), 1764. Legrand (Toulouse). Cavallery (Jesuit) Preisschr. d. Akad. zu Bordeaux, 1739. Charas, 1692. *Horst De nat. thermar., Giess. 1618. (Unbedeutend.) *Solenander De cal. font. med. caussa, L. Bat, 1558. (Ausführlich. Kommt auf die aktive Erwärmung zurück.)

Badeschriften, worin die Quellwärme besonders besprochen wird. *Burghart Landeck, 1744. (Citirt viele Stellen.) *Adolphi De font. sot., 1733. (Enthält viel Richtiges. Er verwirft die antiperistasis a frigore u. spricht von der unterirdischen Wärme, von Sonne, Blitz, Dampf als Erwärmungsmitteln).

Aufsätze: Rigaudeau D. sur la cause de la chaleur des eaux im Journ. de Verdun, 1724. Vielleicht gehören auch hierher: Blondeau's interessante

Betrachtungen über Thermen im Allgemeinen im Journ. de Pharm. et Chim. XXII, 265—281.

Geologische Bücher: *Bischof Geol. 1863 u. die frühere Ausgabe u. desselben Verfassers Wärmelehre. *Naumann Geognosie I, 1858. —

Die Frage, warum einige Wässer beständig wärmer sind, als das gemeine W. zu sein pflegt, wird in den Schriften der alten Griechen u. Römer öfters berührt. Die vulkanische Beschaffenheit der von ihnen bewohnten u. ihnen benachbarten Länder musste fast nothwendiger Weise zu der Ansicht führen, dass die Wärme der Quellen von unterirdischem Feuer oder von aufsteigenden warmen Dämpfen erzeugt würde. *) Das unterirdische Feuer bedurfte kaum einer Erklärung, da Feuer eines der allgemein verbreiteten Elemente war. Dennoch suchte Manilius dasselbe von einer Entzündung des Innern der Erde durch Blitze abzuleiten. (Cf. S. 55.) Aristoteles muss die Mitwirkung des Blitzes bei der Entzündung des Erdfeuers nicht verworfen haben, denn er wirft die Frage auf: „Werden die Bäder darum für heilig gehalten, weil sie vom Schwefel u. vom Blitze, zwei heiligen Dingen, erzeugt sind?“ Man dachte aber auch wohl an das Eindringen der Sonnenwärme in die Erde (Tesmophil); namentlich wurde jene zu Hülfe genommen, um die vermeintlichen Eigenthümlichkeiten einer Qu. zu erklären, die in der Nacht warm, im Tage kalt sein sollte; aber Lukrez meint, die Sonnenwärme könne ja kaum die Wände der Häuser durchdringen u. gewiss nicht tief in die Erde eingehen u. dort ein W.

*) Aristoteles sagt: „*Ἔνιαι δὲ πυρὸς πηγαὶ ὑπὸ γῆν οὖσαι πλησίον πηγαίων ὑδάτων θερμαινοῦσι ταῦτα, καὶ τὰ μὲν χλιαρὰ τῶν ναμάτων ἀνιᾶσι, τὰ δὲ ὑπέρζεσα, τὰ δὲ εὖ ἔχοντα κράσεως*“, was Appulejus übersetzt: „Illi etiam ignes, qui terrae secretariis continentur praetereuntes aquas vaporant et produnt longiquitatem flammae cum tepidiores aquas reddunt, viciniam cum ferventiores.“ Seneca (Nat. Quaest. III, c. 24): „Empedocles existimat ignibus, quos multis locis terra opertos tegit, aquam calescere, si subiecti sunt solo per quod aquis transcursus est.“ Vitruv (VII, c. 3) leitete die Quellwärme von warmen Dämpfen oder vom unterirdischen Feuer ab: „Frigida aqua cum incidit percurrens in ardentem locum effervescit et percalefacta egreditur per venas extra terram.“ (VIII, c. 2.) „Cum in imo ignis excitatur, ardore percandefacit terram, quae est circa se: supra se autem fervidum emittit in superiora loca vaporem et ita si qui in his locis, qui sunt supra, fontes dulcis aquae nascuntur, offensi eo vapore effervescunt inter venas: et ideo profluunt incorrupto sapore.“ (Ibid.)

Aus einer Vermischung von kaltem W. u. Feuer leitete Dio Cassius das Vorkommen von Thermal-Wässern u. Dämpfen zu Bajä ab. Cf. Gesch. der Balneolog. 125. Auch Pontanus bezieht die Erwärmung der Thermen von Bajä auf den Zutritt warmer Dämpfe.

„Baiano sed ne fumare in littore thermas
Mirere: aut liquidis fluitare incendia venis:
Vulcani fora sulfureis incensa caminis
Ipsa movent, late multum tellure sub ima
Debacchari ignem, camposque exurere opertos.
Inde fluit calidum referens ex igne vaporem
Unda fugax, tectis fervent et balnea flammis.“

Merkwürdig in Hinsicht auf die Theorie einer Centralwärme u. mit den christlichen Vorstellungen der Hölle in Zusammenhang ist die Rede des Bischofs Patricius. Auf die Frage des Proconsuls: quo autore fervens haec aqua tantum ebulliat — wozu wahrscheinlich die Thermen von Pertusa bei Carthago Anlass gaben, antwortete er: „Est et supra firmamentum et subter terram ignis atque aqua; et quae supra terram est aqua, coacta in unum, appellationem marium: quae vero infra, abyssorum suscepit; ex quibus ad generis humani usus in terram velut siphones quidam emittuntur et scaturiunt. Ex iisdem quoque et thermae existunt: quarum quae ab igne absunt longius, provida boni Dei erga nos mente, frigidiores; quae vero proprius admodum, ferventes fluunt. In quibusdam etiam locis et tepidae aquae reperiuntur, prout majore ab igne intervallo sunt disjunctae.“ (Ruinart Act. prim. Mart. 1713.)

erwärmen. Zuweilen wurde die Erwärmung der Thermen, wie die Thätigkeit der Vulkane, dem Schwefel zugeschrieben (Pseudo-Aristoteles De propr. elem.), eine vielfach angenommene, aber von J. Dondi verworfene Meinung. Andere nahmen an, das W. würde durch die Berührung mit gebranntem Kalk erwärmt, *) eine Meinung die auf Demokrit zurückzuführen sein soll.

In den spätern Jahrhunderten scheint man sich mit Vorliebe der Idee überlassen zu haben, Erdpech nehme an der Erzeugung der Quellwärme einen wesentlichen Antheil. Besonders ist es Cardanus (De subtilit. 1551), der dies zu beweisen suchte. Man muss sich wundern über die Spitzfindigkeiten, derer er bei der damaligen Unkenntniss des Verbrennungsprozesses zur Erklärung des Fortbestehens des unterirdischen Feuers bedurfte. **)

---

*) „Quidam existimant per loca sulphure plena exeuntes vel introeuntes aquas calorem beneficio materiae per quam fluunt trahere, quod ipso odore gustuque testantur, reddunt enim qualitatem eius qua caluerunt materiae, quod ne accidere mireris vivae calci aquam affunde fervebit.“ (Seneca.)

„Sulfuris in venas gelidus seu decidit amnis,
Accensusque fluit, quod manifestat odor:
Sive pari flammas undarum lance rependens,
Arbiter in foedus mons elementa vocat:
Ne cedant superata sibi; sed legibus aequis
Alterius vires possit utrumque pati.“ (Claudian.)

**) „Causam huius esse necesse est ignem aut putredinem aut calorem naturalem vel coelestem. Coelestis haud tantus esse potest, praesertim hyeme noctuque ut eo aquae ferveant. Naturalis actu non est nisi in animalibus, quoniam animam et sensum habent. Putridus tantus esse nequit, nec vero simile est materiam simul generari ac putrescere. Diuturnitas enim huius miraculi declarat generationis ipsius materiae necessitatem. Relinquitur igitur causam potius in igne esse, nam calor nisi ad summum pervenerit motum habet levem, et ob id sponte extinguitur. Sed ignis duae sunt species, pruna et flamma. Flammam esse ibi non est rationi consentaneum, nam respiratione manifesta indiget, plurimumque absumit materiae, ut integri montes bituminis vel mense toto arderent. Terraemotus etiam frequens ob exhalationem sequeretur, aqua vero adhuc longe esset fervidior, aliquandoque visa foret erumperetque per intervalla his in locis, cum tamen nunquam visa sit. Indicio est flammam sub terra non posse esse perpetuam, quod ubi erumpit nunquam nisi per intervalla id contigit. Prunam igitur subesse certum est. Sed unde alitur, unde motus, unde respiratio; his enim tribus ignem indigere superius est demonstratum. Respirationem praebet lapis aridus ac fungosus ignem fovens, non aliter ad unguem quam calidus cinis. Motum exhibet materia nova quae perpetuo accenditur, atque ita ignis sedem mutans movetur. Sic enim in fuligine apud nos quamdiu superest ignis serpens servatur. Nec idcirco concipit flammam quod bitumen illud impurum est atque terrae mixtum, in omnibus igitur fuligini persimilis est materia illa quae sub terra ardet, unde fuliginem bituminis speciem esse haud dubium est. Cur igitur in flammam non erumpat, causae duae sunt, altera quod bitumen impurum, reliqua quod non respirat. Itaque fit ut tenuior quandoque tum pars illius accendatur, flammamque emittat, tuncque terraemotus et sonitus exauditur. Sed materia non suppetente quod saxo mixta sit, nec bene suspiret. Sed quonam pacto non extinguitur, aut saltem dum materiam depascitur sedem non mutat. Cur non extinguatur causae duae sunt, bitumen et frigus aquae, a quo cogitur (?) calor intus, nec secus quam in calce ignem accendit. Illud idem frigus ignem in loco eodem retinet, quia semper sub aqua. Sed longo spacio aqua fervet, angusto erumpit. Verum quod parvus (?) ignis tanto fervori sufficiat, quatuor sunt causae: Prima quod non respirat, ut in aestuariis. Secunda lapidis natura, qui tophus est, per se calidus, multum concipiens caloris, ac stabilem reddensque affatim (?). Tertia cinis, qui relictus est calidus ac plurimus et suapte natura siccior, unde etiam infusa aqua hic noster qui longe imbecillior est illam excalefacit. Accedit ultimo quod aqua illa divisa est per rivulos, facileque ob id calorem

Alle diese Erklärungen der Quellwärme hatten, mit Ausnahme des Vulkanismus, keinen thatsächlichen Boden u. waren, wenn nicht zu widerlegen, doch auch nicht zu beweisen.

Eine aus theosophistischen Anschauungen hervorgegangene Idee, dass die warmen Quellen aus den Thränen des Weltgeistes gesammeltes W. seien, wurde von *Tertullian (adv. Valent. c. 15) verspottet, ebenso wie *Origines über eine damit verwandte, von Celsus wohl nur zum Hohne den Juden u. Christen zugeschobene Meinung, nämlich dass die heissen Brunnen von den Thränen der gefallenen Engel entstanden seien, spöttelnd äusserte, dies könne doch nur von Salzquellen gelten, weil Thränen gesalzen sein müssten.

In spätern Zeiten hat man noch mancherlei Hypothesen zur Erklärung der Wärme der Thermalwässer zu Hülfe genommen, die heutigen Tages nur wegen ihrer Sonderbarkeit Anspruch auf Beachtung haben. Eine uns kaum noch verständliche ist die der Gegenwirkung (Antiperistasis), welche Wärme als Gegensatz der Kälte erzeugen soll. Paracelsus, der vom Anfange der Welt an vorhandenes warmes W. annahm (cf. Meine Gesch. d. Balneol.), glaubte auch an eine Vermehrung desselben. *) Wir wundern uns über derartige unklare Vorstellungen nicht mehr, wenn wir sehen, wie die Naturphilosophie am Schlusse des vorigen Jahrhunderts u. am Anfange des jetzigen sich noch weiter ins Gebiet der Träumereien verirrte. Zu solchen Phantasien gehört noch der von Kölreuter angestellte Vergleich der Quellwärme mit der Wärme eines thierischen Organismus u. die Idee, dass die Erde ein kolossales Kugelthier sei, dessen Sekrete als Thermen ausflössen. In derselben Zeit entsprang auch die von Steffens, Foderé, Socquet, Anglada angenommene, durch nichts begründete Ansicht, die Thermalwärme sei Produkt galvanischer Thätigkeit oder des Strebens der tellurischen Elektrizität nach Gleichgewicht.

Eine früher viel verbreitete Meinung, dass die Wärme der Wässer von dem Zusammentreffen mit Eisenfeile u. Schwefel oder mit Schwefelkies erzeugt werde, hat in den letzten Jahrhunderten viele Anhänger gehabt. Sie wurde noch von Berzelius bekämpft. „Die Art Schwefelkies, welche sich leicht entzündet, ist ein sehr seltenes Mineral, u. ich weiss nicht, ob man irgendwo ein Lager von brennendem Schwefelkies kennt, das nicht Steinkohlen zur Begleitung hätte. Die Masse

---

concipiens ac retinens (?), quae si in unum coacta esset, vix totius montis incendio incalesceret, et calefacta celerrime etiam rediret ad propriam naturam, ob id nullum mare, nullus lacus, nullum flumen feruere potest ob aquarum abundantiam. Fontes, atque ut eo minores sic acrius soli ebulliunt. Sed cur non maior pars accenditur bituminis? quoniam solum id accendi potest, quod ab aqueo humido spoliatur. Cum vero totum scateat hoc humido bitumen, atque hoc ipso a sulphure differat, priusque accendatur siccari necesse est, diuque ob id proximo igni etiam reluctari. Ita fit ut valde sensim ignis aliunctam sibi materiam depascatur. Cum igitur nec crescere multum, nec penitus extingui ignis ob dictas causas queat, multa vero sit materia illi parata, paucusque ad fervorem seruandum calor sufficiat, necesse est ipsum fervorem multis saeculis manere."

*) „Dann von unden auff auss der Erden muss die werme gehn, die der Sonnen helff die Kelte zu vertreiben. Darauff so merckendt, dass die warmen Wasser in der Erdkugeln ligen, gleich wie die Beum auff der Erden: unnd wie ein Baum von seinem Sahmen wachset hinauff in die Lufft, also geht auss dem centro der Erden, der Sahmen, darauss wachsen die Cataracten, das sind die Wassergäng, und theilen sich auss in die Aest, so weitt die Globel geht an Tag: dann was inn oder ob der Erden ist, muss alles dem Himmel zu. Also tringt der Baum auch mit seinen Aesten durch die Erden, dadurch kompt der Globel die Werme in alle Regiones. Wo aber solche Werme nit hinkommen mag, durch gebrästen der Cataracten, da seind keine Sommer in denselbigen Landen." Doch beschränkt Paracelsus sich nicht auf die Annahme einer im Anfange der Dinge von der Kälte geschiedenen Wärme u. der Centralwärme, die das Gefrieren der Erdoberfläche u. des Meeres verhindert, sondern er übersieht auch nicht die von Kalk, Schwefel, Asphalt entlehnte oder durch chemische Verbindungen, z. B. wie die der Schwefelsäure mit dem W., entstandene, oft freilich nur vorübergehende Quellwärme.

von Schwefelkies, welche in den Gruben von Fahlun gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts durch Holz angezündet wurde, fuhr blos 14 bis 15 Jahre zu brennen fort, während welcher Zeit schwefligsaures Gas beständig durch die Ritzen des Berges hervordrang. Der Brand erstickte dann von selbst u. zwar mitten in der ungeheuren Schwefelkies-Masse, die das Erzfeld von Fahlun ausmacht.“ (Berzelius.)

Als die chemischen Versuche allgemeiner wurden u. man ausser der Wärme-Erzeugung beim Nasswerden des Kalkes u. bei der Oxydation des Schwefelkieses noch andere Prozesse kennen lernte, welche Wärme entwickeln, war man geneigt, solche auch im Erdinnern anzunehmen. Schon Cesalpin (De metallic. I, c. 7; 1602) nahm die Quellwärme als eine Folge der chemischen Mischung an. Noch in Schröder's Pharmacopoia univ. 1747 ist die Meinung ausgedrückt, dass die Quellwärme durch das Zusammenkommen verschiedener Theile, ähnlich wie dies bei der Mischung von Weinsteinsalz u. Vitriolspiritus geschehe, warm würden. *) Selbst der Dichter wusste sich mit dieser Lehre der Chemiker zu versöhnen:

„Ihn wärmt der Erde Gruft, und seine Fluthen wallen
Vom innerlichen Streit' vermischter Salze auf.
Umsonst schlägt Wind und Schnee um seine Fluth zusammen,
Sein Wesen selbst ist Feu'r und seine Wellen flammen.“ (A. v. Haller.)

Der Gedanke, dass Fäulniss oder eine Art Gährung (Alex. Petronius) oder ein Streit der zusammentreffenden Spiritus die Wärme des W. veranlasse, gehört auch vorzugsweise den ersten Zeiten der chemischen Schule an.

Selbst in diesem Jahrhunderte haben sich noch Anhänger der chemischen Theorie der Wärme-Erzeugung gefunden. Salaignac (1821) meinte, das Zusammentreffen der in den Wässern vorfindlichen Säuren u. Basen könne so viel Wärme frei machen, als diese W. haben. Es ist dies aber bei den meisten Wässern, die nur geringe Quantitäten von Salzen enthalten, ganz unmöglich; ebenso wenig lässt sich die Thermalwärme mit Davy u. Gay-Lussac durch die Oxydation der Metalle der Alkalien erklären. Noch jüngst sprach sich Alberti (*Halurg. Geol. II, 284) aus, dass chemische Prozesse die Ernährer der Quellen u. ihrer Wärme seien, was jedenfalls nur für solche (daher wenige) Thermen gelten könnte, deren Gehalt an Salzbestandtheilen mit der aus ihrer Oxydation u. Combination physikalisch möglichen Wärme-Quantität in Uebereinstimmung zu bringen wäre.

Immerhin aber ist (auch ohne die theilweise Erzeugung der Erdwärme durch Oxydations-Prozesse, wie sie z. B. in Kohlenlagern vor sich gehen müssen) ein Entstehen eines kleinen Antheils der Quellwärme einiger W. aus chemischen Vorgängen für möglich zu halten. Die Verbindung, welche mehrere im W. gelöste Stoffe (Eisenoxydul bei seiner Umwandlung in Oxyd, organischer Stoff bei seiner langsamen Verbrennung zu Kohlensäure) mit dem im W. ursprünglich gelösten oder von den berührten Erdschichten bezogenen Sauerstoff eingehen, kann die Wärme des W. schon um ein Geringes erhöhen. Reicht 1 Theil trockenes Holz hin, um 3600 Theile W. um 1° zu erwärmen oder 1 Theil Torfkohlen, um 6300 Theile W. um ebenviel in seiner Temperatur zu erhöhen, so muss man auch dem organischen Stoffe der M.W., welcher langsam zu CO^2 verbrennt, einen kleinen Einfluss auf die Erhöhung der Temperatur vieler W. zuschreiben. Diese Wärme-Erzeugung kann aber nur enge Grenzen haben, weil die Oxydations-Vorgänge im W. sehr beschränkt sind.

Fast jede chemische Verbindung hat eine Temperatur-Erhöhung zur Folge, wenn keine festen Körper dabei flüssig werden. Bringt man Schwefelsäure mit W. in Berührung, so wird Wärme frei. Wie diese starke Säure so wird vielleicht ebenso die Kohlensäure eine geringe Erwärmung bei ihrer Vermischung mit W. erzeugen, wenn wir von dieser auch kein Hydrat, wie von jener kennen. Doch hat man

*) „Diess ist eben auch die Ursache dessen, dass bei Schmidberg eine Ebene, welche von Vitriol-Mineren reich ist, wann sie von der Hitze gleichsam calciniret, u. hernach mit einem Regen begossen wird, sich öffters dermassen entzündet, dass daher alle dastehende Bäume von der Wurzel heraus verbrennet werden.“ (Bildet sich hier Schwefelsäure aus Schwefelkies, welche die Pflanzentheile verkohlt?)

selbst bei der künstlichen Imprägnirung von W. mit grossen Mengen CO^2 keine Wärme-Erzeugung bemerkt; die Säuerlinge können darum von der Zumischung dieses Gases nicht merklich erwärmt worden sein.

Bildung von Hydraten, Substituirung der Kieselsäure durch Kohlensäure oder umgekehrt, Bildung von Doppelsalzen, wie überhaupt alle chemischen Umwandlungen, welche die Erdarten u. Gesteine unter dem Einflusse des W. erleiden, müssen Wärme frei machen. Aber die Menge dieser freigemachten Wärme steht aller Wahrscheinlichkeit nach sehr zurück gegen die durch Auflösung der Salze erzeugte Abkühlung. *)

Es bleibt noch der Einfluss gewisser physikalischen Vorgänge als Mittel zur Erzeugung von Quellwärme zu erörtern. Zuerst reden wir von der Benässung der Körper mit W. u. dem Eindringen von Gasen in poröse Körper. Pouillet hat gefunden, dass, so oft eine Flüssigkeit auf ein sehr feines Pulver gegossen wird, die Temperatur steigt. Bei Metallen, Oxyden u. Erdarten betrug diese Erhöhung nur 0,2–0,3°, bei organischen Substanzen (z. B. bei Süssholzwurzel) 1–10°. Jede Benässung eines festen porösen Körpers hat eine Temperaturerhöhung zur Folge. Ebenso wird Wärme frei, wenn Gase von porösen Körpern absorbirt werden. Manche poröse Körper verdichten die Gase so stark, dass sie glühend werden. So kann Kohle sich entzünden, während sie Gase aufsaugt u. fein zertheiltes Platin, Gold, Silber in Berührung mit Sauerstoff oder auch mit Wasserstoff glühend werden. Bei der Erzeugung der Quellen ist es offenbar, dass das W. in die Poren der Gesteine u. Erden, welche es auf seinem Laufe berührt, immer tiefer eindringt. Gar nicht selten findet man selbst im Innern ganz harter, unverletzt gewesener Gesteine sichtbar angesammeltes W., wenn auch nur in der Menge eines Tropfens oder in Form eines feuchten Beschlages. Bei dem Eindringen des W. in solches Gestein muss also Wärme frei geworden sein. Ueberall, wo Kohlensäure oder Kohlenwasserstoff in die Poren des Gesteins hineinging, musste dieses wärmer werden.

Die Condensation der Gase in den Poren führt uns auf eine verwandte Wärmequelle, nämlich die Zusammendrückung der Gase in der Tiefe der Erde. Wird Luft von 1° um $^1/_{273}$stel ihres Volumens zusammengepresst, so gewinnt sie 0°4 an Wärme. Wird sie schnell bis auf $^1/_5$ ihres Umfanges comprimirt, so entzündet sich ein darin befindlicher Feuerschwamm, wozu 300° nöthig sein sollen. Die starke Compression der Luft ist also eine sehr ergiebige Wärmequelle. Bei den Qu. wird die im W. befindliche Luft oft um ein Vielfaches, bei etwa 1000 M. Tiefe schon mit 100 Atmosphären gedrückt. Das in die Tiefe hineingehende, zur Bildung von Qu. bestimmte W. hat aber nur etwa $^1/_{25}$ seines Umfanges atmosphärische Luft in sich, weshalb die dadurch freiwerdende Wärme nur unbedeutend sein könnte. Zudem ist bei Qu., deren W. nicht blos abwärts verläuft, sondern auch wieder aufsteigt, zu beachten,

*) Lösung von Salzen erzeugt im Allgemeinen Kälte, die einen um so bedeutenderen Grad erreicht, je grösser die Salzmenge u. je kälter der auflösende Körper schon ist. Um hohe Kältegrade zu erzeugen, mischt man ja deshalb Schnee mit Kochsalz oder Chlorcalciumhydrat, oder bestreut schmelzendes Eis mit Kochsalz. Chlorkalium, Salpeter, salpetersaures Ammoniak, Salmiak, kohlensaures Natron u. andere Salze machen bei ihrer Lösung bedeutende Kälte, doch nicht alle Salze gleich viel, 1 Theil Salpeter z. B. bindet, wenn er in 5 Theilen W. gelöst wird, 69 Wärme-Einkeiten, in 20 Theilen W. 80 Wärme-Einheiten, Chlorcalcium dagegen nur 20. Enthalten die Salze kein W. u. sind sie der Hydratisirung fähig, so machen sie zuerst Wärme frei. Sie binden deshalb in der Lösung als krystallisirte Salze mehr Wärme als im wasserfreien Zustande. Findet die Lösung in verdünnten Säuren Statt, so ist die Kälte grösser als bei der Lösung in W., was wahrscheinlich auch für die Kohlensäure gilt. Ein Salz bewirkt eine um so geringere Temperatur-Erniedrigung des W., je wärmer dieses ist. Kochsalz bringt in 7 Theilen W. von 70° sogar keine Abkühlung mehr zuwege, ja wenn das W. über 70° warm ist, wird es durch das Salz noch wärmer (Person).

dass beim Aufsteigen ein Nachlassen der Compression u. eine eben so grosse Bindung von Wärme stattfinden muss, als das Freiwerden von Wärme beim absteigenden W. betrug, so dass die beim Ausgehen der Qu. von der Compression der Luft gewonnene Wärme nur der Höhen-Differenz des W. im absteigenden u. im aufsteigenden Schenkel entsprechen würde, also unbedeutend wird.

Die Reibung des W. mit der Luft wurde von Scaliger als Wärmequelle angesprochen*) u. Döbereiner glaubte, die Thermalität rühre von der durch ihr eigenes Gewicht bis zum Glühen verdichteten Luft her, grade wie im Gegensatze dazu die verdünnte Luft in hohen Regionen kalt sei. Beide Hypothesen sind beim unterirdischen Verlaufe der W., wie wir ihn uns thatsächlich zu denken haben, nicht anzuwenden.

In einem neulich erschienenen Schriftchen hat Degen eine neue Theorie der Entstehung der Wärme aufzustellen geglaubt, indem er durch den Druck, den das W. in der Tiefe von dem obern W. erfährt, die Erwärmung zu erklären suchte. Er wirft aber seine eigene Theorie wieder durch die im Allgemeinen unbestreitbare Bemerkung um, dass diese durch Druck entstandene Wärme beim Nachlassen desselben in dem herauskommenden W. wieder absorbirt werden würde.

Mit Unrecht erinnert der Verf. an die grosse Ausdehnung des W. bei der Verdampfung, um aus der Wärmebindung bei der Verdampfung das Freiwerden von Wärme beim Zusammendrücken des flüssigen W. augenscheinlich zu machen. Damit soll aber die merkliche Erwärmung des W. unter grossem Drucke nicht geläugnet werden. Man darf wohl annehmen, dass die durch Compression des W. gewissermaassen ausgetriebene Wärme dem Grade nach der Wärme gleich sein muss, welcher nöthig sein würde um das W. wieder auf sein ursprüngliches Volumen zurückzubringen. Wenn also ein W. von 10°, indem es auf 30° erwärmt wird, sein Volumen von 1000,2 auf 1004,2 erweitert, so möchte auch, wenn ein W. um 4 Tausendtel seines Volumens zusammengedrückt wird, dasselbe um 20° wärmer werden. Da aber 100 Atmosphären Druck das Volumen des W. schon um 7 Tausendtel, 1000 Atmosphären sogar um 47 Tausendtel einengen, so sieht man, dass die Erwärmung des W. durch Druck eine ganz bedeutende sein könnte. Aber, wie gesagt, wie das W. unter zunehmendem Drucke wärmer werden muss, so muss es unter abnehmendem Drucke wieder erkalten u. also, ehe es wieder an die Oberfläche kommt, wieder abgekühlt sein. **)

Degen hat freilich eine andere Ansicht als die wahrscheinlich richtige aufgestellt; er meint nämlich, durch das Zusammenpressen würde das W. schwerflüssiger u. steifer u. würde sich deshalb durch Reibung mehr erwärmen als nicht comprimirtes Wasser. An den Flüssen sieht man aber nicht, dass sie sich durch Reibung sonderlich erwärmen; dagegen kann freilich bemerkt werden, dass hier die Reibungs-Wärme durch die Mittheilung an die Atmosphäre sich bald verlieren muss. Auch bietet das vielfach zertheilte Netz eines Quellsystemes viel mehr Gelegenheit zur Reibung. Es fehlt uns aber jeder Anhaltspunkt um die Grösse der Reibung in einem Quellsysteme zu berechnen, wenn wir auch annehmen dürfen, dass die Wärmemenge, welche bei der Reibung sowohl fester als flüssiger Körper entwickelt wird, stets der zur Reibung angewendeten Kraft proportional ist u. wenn man auch

---

*) Schon Cicero sieht die Reibung als ein Erzeugungsmittel der Wärme an; freilich spricht er dabei nicht von Quellen, sondern vom Meere. „Atque etiam maria agitata ventis ita tepescunt, ut intelligi facile possit, in tantis illis humoribus esse calorem. Nec enim ille externus et adventitius habendus est tepor, sed ex intimis maris partibus agitatione excitatus, quod nostris quoque corporibus contingit, quum motu et exercitatione recalescunt." (De nat. deor. II, 10.)

**) Man wird gegen diese Druck-Theorie einwenden, dass ihr entsprechend das W. der Meerestiefe sehr warm sein müsse, wogegen bekannt ist, dass es sehr kalt ist. Das lässt sich aber durch das Bestreben des warmen W. sich oberhalb des kalten zu lagern, durch die grosse Mittheilbarkeit der Wärme im W. u. besonders wieder durch die beständige Ausgleichung dieser Druckwärme durch Wiederabsorption derselben beim Aufsteigen des W. erklären.

weiss, dass, um W. für 1° zu erwärmen, eine Kraft erforderlich sein möchte, die es um 400 Meter hoch heben könnte. Die Möglichkeit einer bedeutenden Erwärmung durch Reibung bleibt also unerwiesen.

Man hat für eine Ursache des grossen Wärmeschatzes des Erdinnern u. der Thermalwärme die mechanische Arbeit gehalten, von welcher die bedeutenden Senkungen gewisser Länder Zeugniss geben.

Es bleibt uns endlich die Möglichkeit, das Entstehen einiger Thermalwässer durch das Einströmen warmer Luft u. Dünste u. durch die Berührung mit oberflächlichen Wärmeheerden oder anderen Thermen zu erklären. Die alte Theorie, dass warme Luft die W. erwärme, kann vielleicht in der Nähe vulkanischer Heerde zuweilen statthaft sein. Wegen der geringen Wärme-Capacität der Luft im Verhältnisse zum W. müsste die Luft aber eine sehr hohe Wärme, also auch eine sehr hohe Spannung haben, oder in sehr grosser Menge ins W. strömen. um dieses in merklicher Weise zu erwärmen. Der Stickstoff begleitet aber auch meistens nur in solcher Menge das warme W. der Quellen, dass man annehmen kann, er sei vor der Erwärmung des W. in der Erde schon vorhanden gewesen u. nicht dort erst hineingekommen. Die CO^2, welche die warmen Säuerlinge begleitet, müsste ungeheuer heiss gewesen sein, wenn sie deren W. um ein paar Grade hätte erwärmen sollen. Cf. S. 15. Noch mehr gilt Das von den andern Gasen, die in geringerer Menge als die CO^2 in den Thermen vorkommen. Es gibt übrigens ja auch von aller Luft fast ganz freie Thermalwässer.

W.-Dampf hat eine viel grössere Kraft ein W. zu erwärmen u., wenn auch der in vulkanischen Gegenden ausströmende Dampf eben von warmen Wässern herrührt, so muss doch auch der Fall vorkommen, dass solche Dämpfe wieder an höhern Punkten die Erde u. andere W.-Ansammlungen erwärmen, u. wenn, wie man noch glaubt, gewisse Thermalwässer aus condensirten Dünsten entstehen, so werden sie einen Theil ihrer Wärme auch von ihrem dunstförmigen Zustande her bewahrt haben. Auf der Insel Montserrat ist eine Solfatara, wo aus zahlreichen Oeffnungen zwischen den Steinen dichte Schwefeldämpfe so reichlich hervorbrechen, dass sie die nahe bei diesen Spalten vorbeirieselnden Quellen bis zum Kochpunkte erhitzen, während dies bei den entferntern nicht der Fall ist. (*Landgrebe, Geol. I, 1861.) Die heissen Boraxsäure-haltigen Dämpfe in Toscana leitet man in nicht warmes W. hinein. Auch ist der Fall gewiss nicht selten, dass kaltes W., welches in die Nähe eines Ausganges von Thermen gelangt, mehr oder minder erwärmt wird. So wird nach *Falloppi (p. 19) bei Padua am St. Bartholomä-Bad ein Quellchen, das kalt in den Felsen hineingeht, in diesem, wohl nur durch ein nahes Thermalwasser warm. Endlich bleibt noch eine seltene Wärmequelle zu erwähnen, nämlich Steinkohlenbrände, die z. B. zu Cransac das W. mineralisiren u. erwärmen. Cf. Hydro-Chemie.

Ueber die mechanische Wirkung der Quell-Wärme, über die Wärme des Meeres u. über die Bedeutung der Thermen für das Leben gewisser Thiere wird noch an spätern Stellen dieses Bandes gesprochen werden. Wir wenden uns jetzt zur Betrachtung der mechanischen Quell-Verhältnisse, nachdem wir noch eine gewöhnlich der Physik zuertheilte Eigenschaft der W., die aber besser in der Hydro-Chemie abgehandelt worden wäre, nämlich das spezifische Gewicht erörtert haben werden.

§. 20. Eigenschwere der Wässer.

Proprium mixto de sale pondus habet.
Ovid. IV, 10.

Das Verhältniss von Umfang u. Schwere des Wassers wird besonders durch die Wärme desselben u. durch die Stoffe, welche es aufgenommen hat, abgeändert. Das Volumen einer bestimmten Gewichtsmenge oder das

Gewicht eines bestimmten Maasses wechselt zuerst nach dem Wärmegrade, den das W. hat. Von 0°—100° C. ist das reine W. flüssig. Seine grösste Dichtigkeit hat das flüssige W. etwa bei 4°; wird es kälter, so dehnt es sich etwas aus, wird es wärmer, so dehnt es sich auch aus. W. von 0° hat dasselbe spez. Gewicht, wie W. von 8°. Mit zunehmender Temperatur steigt dann das Volumen schnell.

Nach den neuesten Bestimmungen von Kopp ist das Volumen des W., wenn bei 0° = 1, so bei

Grad		Grad	
4	0,999877	40	1,007531
8	0,999986	50	1,011766
12	1,000314	60	1,016590
16	1,000846	70	1,022246
20	1,001567	80	1,028581
24	1,002465	90	1,035397
30	1,004064	100	1,042986. *)

Alles, was das W. in Lösung aufnimmt, vermehrt dessen spezifisches Gewicht, Gase sowohl als Salzbestandtheile. Alle M.W. müssen also ein grösseres spezifisches Gewicht haben als reines W. von derselben Temperatur. Aeltere Angaben, dass ein wenig mineralisirtes W. (Nocera, Gastein) leichter als destillirtes gleichwarmes W. gewesen sein soll, lassen sich nur aus unrichtigen Versuchen oder aus oberflächlichen Berichten erklären. Die Versuche fehlen oft darin, dass das untersuchte W. in einem Zustande gewogen wurde, in welchem es mit freigewordenen Gasen vermischt war, d. h. worin es nicht frei von Luftblasen war, was überhaupt bei vielen gasreichen Wässern u. bei Thermalwässern, die während des Versuches abkühlen, kaum zu vermeiden ist. Die Berichte unterlassen zudem noch häufig zu bemerken, ob das angebliche spezifische Gewicht, sich auf W. von 0° oder 4° oder, wie es sein sollte, von gleicher Wärme, wie das M.W. hat, bezieht. Deshalb konnte *Reuss (Teplitz 1835) mit einigem Rechte sagen: »Die Eigenschwere der M.W. gehört zu den physischen Eigenschaften, welche die geringste Beachtung verdienen.« Eine genauere Kenntniss des spezifischen Gewichtes könnte aber zuweilen über die hydrostatischen Verhältnisse, z. B. über die verschiedene Höhe der Aeste einer Quellgruppe Auskunft geben. Auch macht das Gleichbleiben des spez. Gewichts während eines längern Zeitraumes die Unveränderlichkeit der Mischung sehr wahrscheinlich. Endlich ist das Entsprechen des Eigengewichts mit der durch die Analyse gefundenen Masse von Stoffen ein nicht zu verachtendes Zeugniss dafür, dass gröbere analytische Fehler wohl nicht stattgefunden haben. Ja aus dem spezif. Gewichte eines W. lässt sich schon ungefähr auf die Menge von Salzen (oder Salzen u. Kohlensäure) schliessen, die das W. enthält.

*) Nach den Bestimmungen von Hasler (1832) ist das spez. Gewicht des reinen W., wenn das des W. von 40° F. = 1 gesetzt wird, so bei t° F. = ¹/₂ (t₂—41) [69 + 35,15 (t°—42)]. Seine Tabellen s. in Poggendorf's Annal. XC. Die Formeln um das Volumen des reinen W., des Seewassers (nach Muncke) u. von Kochsalzlösungen von 3,85—4—26 Prozent Salz nach dem Temperaturgrade zu bestimmen s. in Karsten Lehrgang der mechan. Naturlehre II, 1851. Ueber das Volumen u. Dichte des W. vgl. Polytechn. Centralblatt 1835.

Es drückt nämlich häufig das spez. Gew. eines M.W. bei mittlerer Temperatur den Salz- u. Gas-Gehalt fast genau in der Art aus, dass die Zehntausendtel, um welche ein M.W. schwerer als reines W. ist, als Ganze betrachtet, die Grane fester u. gasiger Theile anzeigen, welche in 7680 Granen W. enthalten sind. Chlorcalcium u. Chlormagnium vermehren aber dabei das spez. Gewicht mehr als eine gleiche Menge Kochsalz. Aus vielen Beispielen für diese Regel hebe ich nur einige heraus:

	Spez. Gew.:	Grane in 7680:
Mutterlauge von Clemenshall	1,2081	2051,
„ „ Friedrichshall	1,2028	1973,
Soole von Sulz	1,1845	1843,
Wasser von Pittville	1,0076	71,
Soole von Elmen	1,0226	224,8
Kissinger Soolsprudel	1,0158	164, Salze 16 CO^2
Friedrichshaller Bitterwasser	1,0223	194,
Aachener Kaiserquelle	1,00349	31.5 Salze + etwas CO^2.
Geysir	1,0010	9,39.

Es zeigt sich diese Regel namentlich für Kochsalz-Lösungen gültig

	in 10000:	bei 0°	bei 10°	in 7680:
Kochsalzlösung von	609,7	1,0464	1,0434	468
„ „	750,6	1,0574	1,0541	566
„ „	976,4	1,0750	1,0709	750
„ „	1396,4	1,1075	1,1023	1072
„ „	2450,6	1,1945	1,1874	1880.

Das spezifische Gewicht der Salzlösungen hängt zunächst vom spez. Gewichte der Salze selbst ab. Ich hebe die Eigengewichte folgender Salze hervor (W. = 1 gesetzt):

Kochsalz	2,148—2,1527	(wasserfrei 2,03, nach Fuchs)
Chlorcalcium	2,23	
Kohlens. Kalk	2,946	(Arragonit)
» Magnesia	2,88	(Giobertit)
» Eisenoxydul	3,85	
Schwefels. Kalk	2,9	(Anhydrit)
» Natron	2,63	(wasserfrei).

Bei der Lösung von Salzen findet aber eine Verdichtung des W. statt, so dass das spez. Gewicht der Mischung das Gewicht des Salzes zu dem des W. addirt übertrifft. Chlornatrium hat ein spez. Gew. von 2,1527, 100 Theile nehmen für sich einen Raum von 46,45 W. ein, mit 900 Th. W. vermischt aber nur den Raum von 28,58. Die Verdichtung tritt in geringerm Grade auch noch bei Vermischung einer Salzlösung mit W. ein. Die Verdichtung, auf das W. bezogen, erscheint theoretisch um so bedeutender, als sich reines W. blos um 0,0000513 seines Vol. für jede Atmosphäre Druck verdichtet. Doch muss die Verdichtung auf das W. u. das darin gelöste Salz vertheilt gedacht werden.

Bei Kochsalzlösungen liegt das Maximum der Dichtigkeit unter dem Nullpunkte. Man bezeichnet die Kochsalzprozente eines Soolwassers als Grade. Von 1—16 % (Salzgraden) steigt nun das spez. Gewicht einer Kochsalzlösung immer um 7/1000, so dass ein W. von 1 % ein Gewicht von 1,007 hat (reines W. zu 1 angenommen), W. von 4 % 1,027, von 5 % 1,035, von 6 % 1,042, von 9 % 1,063. Von da an ist das spez. Gewicht im Verhältniss etwas stärker, so dass es bei 20 % 1,145, bei 28 % 1,204 ist.

Eine gesättigte Kochsalzlösung hat ein spez. Gew. von 1,205 bei 8° (Anthon), eine gesättigte Lösung von Bittersalz wiegt 1,267, von kohlens. Natron 1,107. Eine Tabelle des Gehaltes der Bittersalz-Lösungen nach dem spez. Gewichte, von Anthon, s. in Pharmaz. Centralblatt 1836, 73.

Um die Zahlen des spez. Gewichts der W. anschaulicher zu machen, habe ich vorgezogen, das Gewicht des destillirten W. auf 1000 anzusetzen, dem entsprechend die Zahlen des spez. Gewichtes der M.W., wenn sie sich auf W. als Einheit bezogen, mit 1000 zu multipliciren.

Es wird nicht unnütz zu bemerken sein, dass es schon schwer ist, das spezifische Gewichts eines M.W. bis auf die 5. Stelle (4. Dezimalstelle, wenn destillirtes W. = 1 gesetzt wird) ganz genau richtig zu bestimmen. Um so weniger Glauben verdienen die spätern Dezimalen.

Das todte Meer hat oft ein so schweres W., dass ein Mensch darin nicht untersinken kann; zu andern Zeiten ist sein Spiegel mit Regenwasser bedeckt, das nur langsam die Salze von unten anzieht. Soolwässer werden zu ökonomischen Zwecken bis auf ein gewisses spezifisches Gewicht, das mit der Soolspindel erkannt wird, concentrirt. Auch findet dies bei einigen Bitterwässern (Friedrichshall z. B.) statt. Auch bei der Darstellung der Mutterlaugen, so wie bei der Mischung derselben mit W. zu Bädern gibt die Soolspindel die nöthige Auskunft.

§. 21. Literatur über den Ursprung der Quellen.

> Wie die Brunnen aus einem Felssen, niemands weiss jhren Samen, noch niemands wie sie im vrsprung wachsen.... sie lauffen für vnnd für, geben nicht Samen, sonder dess endes der Welt erwarten sie.
>
> Paracelsus Grosse Wundartzney.

Die Ansichten von Platon (im Phädon), Aristoteles, Epikur (im Briefe an Pytoklus), Ovid (Metamorph. XV), Lucretz (De rerum nat. VI), Seneca (der das W. aus umgewandelter Luft herleitet, eine späterhin auch von Cardan angenommene Meinung), Plinius u. A. s. in: De balneis omnia, quae extant apud Romanos etc.. Johnstoni Thaumatographia nat. 1633 citirt den Engländer Thomas Lydiatus, 1605, als Denjenigen. der am weitläufigsten über den Ursprung der Quellen geschrieben u. die frühern falschen Ansichten widerlegt habe. Davity Empire du monde, 1635, leitet die Qu. vom Meere ab, wie auch Descartes in: Principes de la philosophie, Papin De l'origine des sources, 1647, Duhamel im Livre des Méteores, 1660, Baccius De Therm. 1687. Lanae Mag. Nat. et Art. II, 185 bespricht die verschiedenen Ursprünge der Qu. von Regen, Schnee, Luft, Dämpfen; Verraries Phys. II, c. 4 gibt Beispiele dazu. Der nüchternste Physiker seines Jahrhunderts ist wohl der Jesuit *Kircher in s. Mundus subterraneus, 1660. Rohault Physique 1676. Waldschmidt De vera orig. fontium dulc. et sals. Marb. 1686. R. Plot De orig. font. Oxonii 1696. (Cf. Act. Erud. Lips. 1685.) Bartholin De font. flum. origine ex pluviis in Spec. phil. nat. Cop. 1701. Kuhn Vernünftige Gedanken v. d. Urspr. d. Qu. 1741 franz., *1746 deutsch. (Leitet das Quell-W. aus verdunstetem Grund-W., dieses aus Meeresschlünden ab. Viel Algebra u. Logik, wenig Thatsachen.) Linden Anm. zu Schöttens Nachr. vom Urspr. der M.W. 1746. Schriften ähnlichen Inhalts von Stair (lat.), de Bois, Hamberger (1733), Perrault (franz.). Palissy De la Nature des Eaux et fontaines. Bélidor Architecture hydraulique, 4 vol. 4°, Par. 1737. Steffens Geogn.

Aufs. 1810. Keferstein Deutschl. geogn. III, 1823. Schelling. (Naturpoëtisches, Tellurismus, Galvanismus, Aehnlichkeit der Qu. mit organischen Körpern.)

Werber Theorie d. Qu., 1831, 55 S. Daubeny Refl. sur les eaux min. et l. orig. (Journ. d. Géol. II). Löwig Baden, 1837, handelt auf S. 139—227 über Entstehung d. Qu. gründlich. *Bögner Entstehung der Qu. 1843. *Nowak Räthsel unserer Quellen, 1844. (Neue Quelltheorie.) *Paramelle L'art de découvrir les sources, 1856 (auch ins Deutsche übersetzt). Er trägt seine sehr naturgemässe Theorie vor u. führt auch die Meinungen von Scaliger, d'Obrzenski, van Helmont u. A. an. Ausserdem die meisten Werke, die über M.W., Thermalwärme (s. S. 70) u. andere Gegenstände der Quellenlehre handeln.

§. 22. Beständigkeit des Fliessens.

Vide fontes, manant venis perennibus.
Minuc. Fel. Oct.

Die Qu. werden eingetheilt in solche, die beständig fliessen oder nicht beständig. Solche Qu., beständige oder unbeständige, welche zu Zeiten mehr, zu Zeiten weniger W. geben, heissen veränderlich u. wenn der Unterschied vom Mehr oder Weniger bedeutend ist, ohne dass der Fluss zur Zeit der geringern Ergiebigkeit in einem kürzern oder längern Zeitraume ganz aufhört, intercalirend (Paramelle) oder remittirend; wird der Ausfluss aber zu Zeiten auf Null reducirt, so sind es intermittirende Quellen; doch nennt man nicht selten die remittirenden Qu. auch intermittirende, wie denn auch dieselbe Qu. in verschiedenen Zeiten als eine intermittirende oder als eine remittirende auftreten kann. Verbinden sich kleine Intermissionen mit einer grossen Intermission, so werden die Qu. solche von zusammengesetzter Intermission genannt. Remittirende Qu. werden auch wohl als eine Verbindung eines beständigen Ausflusses mit einem intermittirenden angesehen.

§. 23. Wassermenge der Quellen.

Gott hat gesetzt dem Wasser sein Maass
u. dem Regen ein Ziel. Job. 28.

Es gibt mehrere Methoden, die Ergiebigkeit eines fliessenden W. zu messen; sie sind in eigenen Schriften abgehandelt.*) Die einfachste ist die, das W. in ein gemessenes Gefäss oder in eine Grube von bekannter Grösse laufen zu lassen u. die Zeit, welche bis zum Vollwerden verläuft, zu messen. Damit verwandt ist die Methode, die Quellumfassung als Messgefäss zu benutzen; man sieht nämlich, wie viel Zeit verfliesst, bis der entleerte Brunnen wieder bis zum gewöhnlichen Niveau angefüllt wird u. berechnet danach, wie oft an einem Tage oder in einem Jahre sich die Brunnenstube in dieser Weise anfüllen liesse oder wie viel W. so in einer Minute oder Stunde, einem Tage oder Jahre zufliesst. Bei dieser Messung in der Brunnenstube ist die Höhenlage des Wasserspiegels eine wechselnde u. darum die Schnelligkeit des Zuflusses im Anfange des Experimentes gewöhnlich viel grösser als am Ende. Etwas Aehnliches ist der Fall, wenn geprüft wird, wie viel W. sich aus einem Brunnen in einer gewissen Zeit auspumpen lässt, bis er leer ist. Solche Versuche mit wechselnder Höhe des Wasserspiegels geben nur unter der Voraussetzung, dass das Experiment sich immer mit demselben Erfolge wiederholen lasse, ein auf

*) Cf. Aigner Das Wassermaass, prakt. Anleit. zur Bestimm des W.-Ausflusses aus kreisförm. Oeffnungen, 1861.

einen bestimmten grössern Zeitraum übertragbares Resultat, das aber immer grössere Werthe ergibt, als der Abfluss an der höchsten Stelle des Brunnens. Bei jeder Messung ist übrigens der Einfluss des verschiedenen Standes des Wasserspiegels zu beachten. Das W. ist nämlich gewöhnlich durch eine künstliche Umgebung, um es anzusammeln, am freien Wegfliessen gehindert, es ist in einen Brunnenraum eingeschlossen, welcher erst auf einer gewissen Höhe eine Oeffnung zum Abfluss bietet. Nach der Höhe dieser Oeffnung ist aber die Grösse des Abflusses verschieden; je tiefer die Oeffnung liegt, um so mehr W. fliesst in einer gegebenen Zeit aus. Alle Brunnenmessungen beziehen sich also auf eine bestimmte Ausflusshöhe. Den Ausfluss solcher Brunnen kann man nun nicht immer in Gefässen messen; sehr oft behilft man sich mit einer eigenen Vorrichtung. Es ist dies ein den Abfluss sperrender Kasten, der Löcher von einer gewissen Höhe, gewöhnlich runde Löcher von einem pariser Zoll Durchmesser hat, durch welche alles ausfliessende W. passiren muss. Man erlaubt nun dem W. nur durch so viele Zoll-Löcher zu fliessen, als nöthig sind, dass es sich nicht im Sperrkasten anhäuft u. schliesst die andern. Aus der Zahl der zum Abflusse nöthigen Zolllöcher kann man nun folgern, wie viel W. abfliesst; denn man hat Versuche darüber vorher gemacht, wie viel W. aus einem solchen Zoll-Loch abfliesst in 1 Min. oder 1 Stunde, wenn das W. hinter dem Loche sich nicht oder nur bis zu einer gewissen Höhe (1''' z. B. über dem obern Rande) anhäuft.

Ein „pouce d'eau" macht, wenn der Wasserstand 7 Linien über dem Centrum des 1" im Durchmesser haltenden Loches ist, nach einem Versuche von Mariotte in der Minute 13³/₈ Pinten, jede Pinte zu 2 Pfund weniger 7 Drachmen gerechnet. Dabei blieb die Wanddicke unbeachtet. Dies ist ein „pouce de fontainier", der gewöhnlich zu 15 Pinten oder 13,3 Liter per Minute angenommen wird = 19,1953 K.M. in 24 Stunden. Nach Prony 1817 gibt ein Loch von 2 Centim., mit 5 Cent. Wasserdruck oberhalb des Centrums u. 17 Mill. Wanddicke, 20 K.M. in 24 Stunden, d. h. ein double module, ein module zu 10 K.M.; so wird ziemlich allgemein angenommen. Der Ingenieur Belu nahm bei seinen Messungen an den Aachener Quellen im J. 1811 den Wasserzoll zu 19,7232 K.M. auf 24 Stunden an.

Eine fussweite Röhre, aus welcher das W. mit einer Geschwindigkeit von 5 Fuss die Sekunde ausfliesst, spendet in einem Jahr 189 Millionen K.F., 6300000 K.M., also mehr als fünfmal so viel als alle Thermen von Karlsbad.

Gewöhnlich nimmt man 1 Minute oder 1 Stunde als Zeitmaass für die Ergiebigkeit an. Für den praktischen Gebrauch ist dies wohl auch passend. Um mehr geologisch verwerthbare Grössen zu gewinnen, habe ich die Ergiebigkeit (was sich künftig immer von selbst verstehen soll, wenn es nicht anders bemerkt ist) für den Zeitraum eines Jahres angegeben. Dies konnte dann nicht geschehen, wenn die für die Minute gefundene Zahl zu verschiedenen Zeiten des Jahres nicht dieselbe blieb.

Die Stärke der Quellen gegeneinander verglichen ist sehr verschieden, vom unscheinbarsten Wasserfaden an bis zum Bache, ja bis zum Strome. Unter den gemeinen Wässern sind folgende wegen ihrer W.-Masse merkwürdig: die Mühlenqu. zu Upsala, welche jährlich fast 5 Millionen K.F. (160000 K.M.) ausgiesst, die Winfredsqu. (Holy-Well, Flintshire) mit etwa 100 Tonnen jede Minute; eine Qu. bei Triest, die 1854 75 Mill. K.F. gab, also jährlich 2200 Tausend K.M. ergiesst. Der Bouillon bei Orléans gab 1600 Tausend K.M. in einem sehr trockenen Jahre. Die merkwürdige viel beschriebene Quelle von Vaucluse bildet den Anfang der Sorgues, eines Nebenflusses der Rhone, der von seinem Ursprunge an schiffbar ist; sie gibt jährlich wohl 450—680 Millionen K.M. Wasser. Diese in 350 M. Meereshöhe gelegene, 12⁰5 warme Qu. ergiesst nach Regen 1200 K.M. W. in der Minute, nach anderer Angabe 444—1330 K.M. W., also jährlich wohl 468 Millionen K.M.! Das W. soll aus tausend Oeffnungen hervorströmen. Nach *Kircher, der sie für aussetzend hält, gibt sie beim Schmelzen des Schnee's

W. für 6 Mühlen u. bildet dann einen von Fischen belebten Fluss, soll aber auch 1/2 Jahr trocken liegen können.

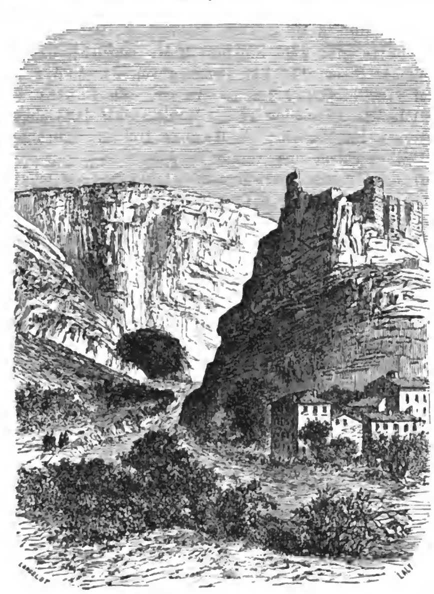


Fig. 3. Quelle von Vaucluse.

Guériu (Le tour du monde 1853) gibt davon folgende Beschreibung.. „Un rocher large et qui s'élève à plus de cent pieds est le sublime portique de la source merveilleuse. Au pied du rocher sont plusieurs voûtes, mais le véritable gouffre est dans l'endroit le plus bas. Des pyramides, des obélisques, des rochers, tout ce que la pompeuse architecture de la grande nature offre de plus rare, semble se réunir autour de la fontaine et lui former un palais colossal.

Cependant l'eau semblait grossir à vue d'oeuil, et bientôt elle s'éleva jusqu'à un figuier que l'on dit éternel, et qui sert depuis des siècles à indiquer les mouvements croissants ou décroissants de la fontaine. Alors, la large voûte, sous laquelle, un instant auparavant, nous avions avancé nos têtes, disparut, les eaux s'élevèrent jusqu'au cintre, et comblèrent l'antre tout entier; à partir du figuier, elles formaient un grand bassin, dont la surface restait unie quoique les eaux débordassent en nappes abondantes. Dans la saison humide, un sourd retentissement sort de l'antre avec les eaux de la fontaine, qui s'échappent alors en bouillons impétueux et forment une chute effrayante. La voix humaine ne peut plus se faire entendre au milieu de ce fracas que répètent en tout sens les rochers voisins."

Nach *Thurneisser (S. 219) entspringt 4000 Schritte vom Schlosse Horstmar im Stifft zu Münster ein Sprung, „welcher von wegen seiner grösse (und vielheit des herfür springenden wassers) wol für der Namhafftigsten einen, so in Teutschland sind, gerechnet werden möcht. Er ist so reich von wasser, das er von seinem ursprung bei 1500 schritten drey grosser Mühlen reder treibt ohn zulauff einiges andern wassers."

Eine solche Qu. wird es auch gewesen sein, wovon Diodor (V, 43) sagt: *ἐκ τῆς γῆς ἐκπίπτει τηλικαύτη τὸ μέγεθος πηγὴ γλυκέος ὕδατος, ὥστε ποταμὸν ἐξ αὐτῆς γίνεσθαι πλῶτον.*

Manche artesische Brunnen haben mehrere hundert Liter W. in der Minute, z. B. ein solcher bei Lillers 700 Lit., einer bei Rivesaltes 800, einer bei Merton in Surey 900 Liter, solche bei Tours 1000—

1390—1600—2500, einer zu Bages bei Perpignan 2000, einer bei Tours, der die Webstühle einer Seidenfabrik in Bewegung hält, 4000, einer bei Ville aux Dames bei Tours 5000 L. in jeder Minute, wobei zu beachten, dass 1000 Liter in der Minute 526000 K.M. jährlich ausmachen. Der bekannte artesische Brunnen zu Grenelle gibt wohl 800000 K.M. jährlich; das ist immerhin ein sehr ansehnlicher Strom. *) Der Brunnen von St. André bei Aire (Artois) gibt in der Minute fast 2 Tonnen Wasser. Zu Fontes bei Aire treibt das W. von 10 Bohrbrunnen eine grosse Mühle, sowie das Gebläse u. die Hämmer einer grossen Nagelfabrik; zu Guéhen treiben 4 Brunnen eine Mahlmühle; zu St. Pol geschieht dies von 5 Brunnen.

Auch einige Soolquellen sind durch ihre Ergiebigkeit ausgezeichnet. Man schätzt die von Artern auf 78 Mill. K.F. jährlich.

Der gebohrte Soolsprudel zu Nauheim gibt 20 K.F. (früher 45) in der Min., der Friedrich-Wilhelm-Sprudel daselbst 35—36 K.F. in der Min., beide zusammen also 29 Mill. K.F. jährlich Sauerwasser. Der Rollmannsbrunnen bei Heeren gibt 21—26 K.F. in der Min., über 12 Mill. K.F. jährlich Wasser.

Von den unten aufgeführten Quellorten hat man die Masse des W. gemessen, welche aus einer oder aus mehreren Qu. ausfliesst. Die Angaben, zwar den sichersten Nachrichten entnommen, können dennoch im Allgemeinen nur als ungefähr zutreffende angesehen werden, was einestheils von der relativen Grösse der Ergiebigkeit je nach der Höhe des Ausflusses, anderntheils von der Veränderlichkeit derselben oft in kurzen Zeitabständen **), dann aber auch von der Messungs-Methode abhängt. Wo mehrere Quellen an einem Orte sind, wurde die Gesammtmasse des W. veranschlagt, wobei aber einige Unsicherheit bleibt, falls nicht alle Qu. zugleich gemessen wurden. Die angegebenen Zahlen bedeuten Tausende von Kubikmetern der jährlich gespendeten Wassermasse.

Selters	16	(nur 1 Qu.)
Weilbach	18	
Lavey	28	
Barèges	58	
Bains	78	
Lippspringe	97	
Allevard	112	
Balaruc	115	
Szliacs	125	(Bade-Quellen)

*) Der artesische Brunnen zu Grenelle wird zu 24 Millionen Liter oder 24000 K.M. täglich, also zu 16660 Liter in der Minute, 278 Liter in der Sekunde, geschätzt. In Arago's Schrift, der ich diese Angabe entnehme, steht aber auch, dass er in der Minute auf der Höhe von 32,5 Meter 1100 Liter, auf der Höhe von 16 M. 1620 L., an der Oberfläche des Bodens 2200 Liter gebe. (Im Febr. 1844 gab er 1200 L. in der Minute.) Jene Zahl ist also wohl sicher um das Zehnfache zu hoch; sie würde 8784 Tausend K.M. jährlich ausmachen. Anfangs soll er fast 4000 K.M. täglich, also 2770 Liter in der Minute, 1460 Tausend K.M. jährlich gegeben haben. Wenn er also abgenommen hat, wird die tägliche Menge sich höchstens wohl auf 2400 K.M. täglich, 878000 jährlich stellen.

**) Z. B. wechselt die Ergiebigkeit der W. von Enghien von 27—62 K.M. täglich, die von Geilnau von 5,04—6,65 K.M. täglich. Mehr darüber später.

Guitera (Corsika) aus 7 Oeffnungen	132	
La Malou (neue Bohrquelle)	141	
Szawnica (3 Qu. von 7)	141	
Cauterets	143	
Ems	150	
Bagnères de Luchon	152	
Montdore	198	
Elmen	200	
Plombières	214	(früher 93)
Acqui	220	(blos die Qu. Bollente)
Stuben	230	(die Haupt-Qu.)
Vichy	250	
Franzensbad	300	
Mondorff	318	
Néris	329	
Baden-Baden	333	
Badenweiler	350	
Aachen-Burtscheid	440	(sicher viel zu gering geschätzt)
Baden (Aargau)	450	
Inselbad	507	
Marienbad	527	(blos die Franzensqu.)
Louisville	545	(Bohrbrunn)
Bigorre	700	
Bourbon l'Archambault	878	
Wildbad	über 1000	
Karlsbad	1200	
Wiesbaden	1200	(blos der Kochbrunnen 300)
Leuk	1300	(allein die Lorenzqu.)
Gastein	1500	
Teplice Varasdin	1520	
Aix (Savoyen)	1650	
Oeynhausen	1900	(Bohrbrunnen)
Herkulesbäder	2000	(wenn nicht das Doppelte)
Halle	2900	(Hauptbrunnen)
Ofen	3500	*)
Kannstadt	7000	
Erlau	7300	K.M. (634800 K.F. täglich).

Zu Kannstadt sind viele natürliche u. gebohrte Brunnen, welche zusammen eine solche Masse von Sauerwasser spenden. Zu Hamma bei Constantine fliessen in einer Oase 5 Qu., zusammen von fast 20000 K.M. täglich, 7240 Tausend K.M. jährlich; die untere Qu. gibt davon fast 1/3; sie treibt fast alle Mühlen der Oase.

*)Nach den statistisch begründeten Angaben (Härdtl Heilqu. Oesterr. 1862) wäre aber schon der Betrag der gemessenen dortigen Thermen über 1½ Millionen K.F. täglich, oder 17 Millionen K.M. jährlich. Das Türkenbad soll täglich über 10000 K.M. W. empfangen.

Manche artesische gemeine Brunnen kommen, wie wir sehen, an 500 Tausend K.M., ja einzelne an das 2—4—5Fache. Mehrere sind stark genug, Mühlen zu treiben. Viele derselben nehmen aber mit der Zeit sehr ab oder geben bald mehr, bald weniger Wasser.

Es gibt Thermen, die mit den grössten natürlichen kalten Quellen wetteifern. Zu Bagno della Grotta di S. Stefano in Istrien hat der Abfluss der Schwefelthermen eine Breite von 1′ u. 17″ Höhe. Die Brand-valley-Thermen in Afrika liefern jede Minute mehr als 4 Oxhoft W. (*Gumprecht, M.Qu. Afrikas 1851, 28); die Therme von Caledon entspringt mit mehreren Adern, von denen die beiden stärksten 3—4 Fuss Durchmesser besitzen (ib. 49); wieder eine andere afrikanische Therme bildet einen 3—5 Fuss tiefen Bach (ib. 79). Die 90° warmen Thermen von Trincheras bilden noch in der trockenen Jahreszeit einen Bach von 18 Fuss Breite u. 2 Fuss Tiefe.

Der Brohlbach, den man wenigstens zur Hälfte für mineralisches W. hält, gab nach einer Messung fast 90 Millionen Pfund W. täglich oder 17 Mill. K.M. jährlich; also fliesst im Brohlthale noch mehr M.W. als zu Kannstadt.

Viele gemeine W. wechseln mit der Zeit sehr in der W.-Menge, wogegen M.Qu. viel beständiger zu sein pflegen.

Die Messungen der von M.Qu. gelieferten W.-Mengen sind aber selten oft wiederholt worden.

Sorgfältige Messungen, welche hinsichtlich der W.-Menge u. Temperatur von vier Qu. zu Gastein, zuerst im Thauwetter des Frühjahres 1828—29, April, also unter möglicher Einwirkung von vielem Tagwasser, dann im strengen Winter 1830, Jan., als Wassermangel in Gastein u. der Umgebung stattfand, u. zuletzt wieder im Frühling 1839 bei Thauwitterung angestellt wurden, lieferten immer das gleiche Resultat. Die Messung der Teplitzer Hauptqu., Sept. 1838, ergab 30747, die im Juni 1838 nur 28869 K.Z. W. in der Minute, eine geringe Verschiedenheit, die in Beobachtungsfehlern gegründet sein kann. Auch die Eilsener, mit grossem Druck hervordringenden Qu. geben fast beständig dieselben Quantitäten W. (Westrumb). Selbst bei sehr trockenem Wetter war in Wiesbadens Qu. nach Stifft die W.-Menge fast ganz gleich; Frühjahr u. Spätherbst machten keinen Unterschied. Die sehr reichhaltigen Qu. von Montdore gaben nach langer Trockenheit u. nach langem Regenwetter Sommer u. Winter ebenviel Wasser (Bertrand).

§. 24. Zur Quellbildung dienendes Wasser.

> Quid est, quod terram sic implevit, ut praebere tantum ex recondito possit, ac subinde suppleat? Seneca Quaest.

Ob das W. als fertige Verbindung aus der Hand des Schöpfers hervorging, wie Viele geglaubt haben, *) oder ob es nach u. nach durch Verbrennung des Wasserstoffs entstand, kann der Naturforscher nicht beantworten. Wir wissen jedoch wenig von einer noch fortdauernden Bildung des W. aus

*) Selbst von Mineralwässern glaubte man dies.
.... Quasdam (aquas) compage sub ipsa
Cum toto coepisse reor, quas ille Creator
Atque opifex rerum certo sub jure coërcet. Lucanus.

seinen Elementen, wie Einige sie zur Erklärung des beständigen Flusses der Quellen annehmen zu müssen meinten. Es steht dagegen nichts im Wege, das zur Speisung der Quellen nöthige W. von oberirdischen oder unterirdischen W.-Ansammlungen u. namentlich von dem aus der Luft gefallenen W. abzuleiten. Dies gilt von den gemeinen u. von den edlen, von den kalten u. den warmen Quellen. Die in ihnen vorfindlichen Stoffe können sie, wie wir in der Hydrochemie sahen, auf ihrem ober- oder unterirdischen Laufe aufgelöst haben, die Wärme der Thermen kann in der Tiefe oder zuweilen sogar an der Oberfläche der Erde erlangt worden sein. Es bleibt also die Frage über den Ursprung des Quellwassers eine gemeinschaftliche für die Quellen aller Art, wenn auch Verschiedenheiten in ihrer Entstehung obwalten mögen. Da wir der Hypothese einer fortwährenden Bildung des W. nicht bedürfen, kann es sich nur darum handeln, in welcher Cohäsionsform das W. zur Quelle wurde. Jedenfalls entspricht es den gewöhnlichen Temperaturgraden der Erdrinde am besten, wenn wir annehmen, dass das W. flüssig war, als es in die Anfänge des Verlaufes der meisten Quellen hineingelangte. Unter ungewöhnlichen Verhältnissen, in Tiefen, wo eine genügende Wärme zur Dampfbildung herrscht, wird das W. auch in Dampfform vorhanden sein u. darum erst an höhern, kältern Stellen sich zur Flüssigkeit verdichten können. Wo das W. nicht durch Condensation von Dampf fortdauernd entsteht, bedürfen wir der Annahme von ungeheuer grossen oder stets sich erneuernden W.-Ansammlungen in der Erde oder an deren Oberfläche, um die Beständigkeit des Fliessens der meisten Quellen zu erklären. Die einfachste Erneuerung des Wassers ist aber die aus den atmosphärischen Niederschlägen, weshalb man nicht anzustehen braucht, als die allgemeinste Art der Quellbildung die aus den wässerigen Niederschlägen anzunehmen. Da diese Niederschläge aber auch aus Dunst hervorgingen, so kann man sagen, dass die meisten, wenn nicht alle Quellen aus W. abstammen, welches durch unter- oder oberirdische Destillation verflüchtigt u. wieder condensirt worden ist.

Die gewöhnliche u. für die gemeinen Qu. unbestreitbare Annahme ist also die, dass das als Qu. erscheinende W. ein solches sei, was an einer andern Stelle in die Erde hineingegangen, so dass der Abfluss nur durch einen beständigen oder zeitweiligen Zufluss von W. unterhalten werde. *) »Von dem beständigen Hervorfliessen des Wassers aus einer Qu. lässt sich keine andere Ursache denken, als dass anderes W., welches nachkommt, das vordere durch seine Schwere hervordrängt, u. dass dieses nachdrängende meteorisches, von oben herab kommendes W. sei. Denn, wenn das nicht wäre, so müsste das W. aus Behältern im Innern der Erde von einem andern Stoffe ausgetrieben werden, u. dieser die Stelle desselben einnehmen; was sollte das aber für ein Stoff sein u. woher sollte er kommen?« sagt Berzelius.

*) In frühern Jahrhunderten nahm man allgemein eine Entstehung des Wassers, namentlich des Quellwassers, aus Luft an. Eine solche Umwandlung schien schon durch die aus (feuchter) Luft niedergeschlagenen Wasser-Dünste bewiesen zu sein. Einige glaubten also auch keinen Zufluss des Wassers, sondern nur einer Wiedererzeugung desselben zur Erklärung der Quell-Bildung zu bedürfen.

§. 25. Quellen aus condensirten Wasserdämpfen.

Im Allgemeinen kann gewiss nur ein reicher W.-Zufluss, wie er durch atmosphärische Niederschläge entsteht (Regen, Thau, Schnee, Eis), habe sich das W. nun schon oberhalb der Erde (als Bach, Fluss, See, Meer) gegesammelt oder sammele es sich erst unter der Erde, eine Qu. dauernd unterhalten. Doch scheint auch eine Quellbildung durch Condensation von W.-Dämpfen statt zu finden, u. von dieser wollen wir zuerst handeln.

Cartesius u. A. stellten die Theorie auf, dass das W. mancher Quellen sich durch Destillation warmer, aus der Erdtiefe aufgestiegener Dämpfe erst kurz vor dem Ausflusse verdichte u. sammle. Dass eine solche Destillation, wenn sie auf einem grossen Raume vor sich geht, eine reiche Quelle bilden könne, zeigt ein Experiment von Breislak an einer Dampfausströmung zu Pozzuoli. Er leitete die Dämpfe der Solfatara in einen 50′ hohen Thurm, dessen Kuppel mit 200 Oeffnungen u. in sie eingepassten Röhren versehen war; aus den Röhren tröpfelten täglich 40 K.F. (3000 Pinten) Wasser. Eine ähnliche Art der Quellbildung hat man nun für die fast siedend heissen Qu. der Insel Ischia, Lipari u. Pantellaria, in deren Nähe u. zwar gewöhnlich an höher gelegenen Punkten auch Dämpfe ausströmen, angenommen. Schon Happel (Cosmogr. III l. 9, c. 1) bemerkt, dass auf der Insel Pantellaria, welche keinen süssen Brunnen habe, sich in einer ungeheueren Höhle das W. condensire u. dieses zum Trinken benutzt werde. Nach *Bacci genügt der in einer Höhle zu W. condensirte Dampf für Menschen u. Vieh der ganzen Insel. Dolomieu bestätigt dies. (Reise nach den Lipar. Inseln, 1783.) Ein solches destillirtes W. könnte, wenn die Oertlichkeit es erlaubte, an einer tiefern Stelle quellen. Auf Stromboli findet sich in einem aus Asche u. vulkanischem Tuffe gebildeten Hügel eine ähnliche W.-Ansammlung. Es soll sich ein solcher Zusammenhang des Quellursprunges mit W.-Dämpfen auch auch schon in der Art bemerklich gemacht haben, dass bei Entstehung eines neuen Ausganges für diese Dämpfe eine benachbarte Qu. versiegte. (Nowak Räthsel uns. Qu., 62.) So wird auch von einem Berge in Slavonien erzählt, dass durch einen Steinbruch, wobei ein starker »Nebel« Ausweg fand, die umherliegenden Quellen vertrockneten. Aber es war in solchen Fällen wahrscheinlich ein anderes mechanisches Verhältniss, was das Zustandekommen der Quellen unterbrach. (Act. erud. 1702, 305.) Ob sich das Quell-W. häufig durch unterirdische Destillation, besonders in vulkanischen Gegenden, ansammle, ist unbekannt. Wo es mit Salzen, die mit den Dämpfen nicht aufsteigen, beladen ist, müssten ganz ungewöhnliche Verhältnisse stattfinden, um das Quell-W. als in dieser Art destillirtes ansehen zu dürfen.

„Les vapeurs qui se dégagent, soit des laves qui se refroidissent, soit des fissures des cratères, produisent quelquefois, en se condensant, des filets d'eau chaude chargée de différents sels, qui sont de véritables sources thermales. Un grand nombre de sources thermales ont probablement une origine de ce genre. Elles proviennent, comme les émanations volcaniques, d'une destillation ou d'une sublimation naturelle... une destillation, un extrainement moléculaire, ayant la vapeur d'eau ou l'eau condensée pour l'auxiliaire et pour véhicule, sont des phénomènes dont les exemples abondent sous nos yeux et qui peuvent même avoir été plus fréquents et plus variés encore pendant les périodes géologiques qu'ils ne le sont de nos jours..“ (El. de Beaumont in Soc. géol. de France 2. S., IV, 1249; 1847.)

§. 26. Meere, Flüsse, See'n als Ernährer der Quellen.

Res certa est ac evidentissima, aquas puteorum non aliam fere habere originem, quam per exudationem occultam ab aliquo vicino vel lacu vel flumine.
Bacc. I, 3.

Man kann in sehr vielen Fällen annehmen, dass das Quellwasser vom Meere, von einem See, einem Flusse oder einem Bache ausgehe. Eine solche Annahme ist nur statthaft, wenn die Qu. tiefer liegt, als die W.-Ansammlung oder die Flussstelle, wovon das W. ausgehen soll. Sie hat Wahrscheinlichkeit, wenn die Ergiebigkeit der Qu. ähnliche Abwechselungen zeigt, wie das W., wovon sie gespeist werden soll. Sie wird um desto begründeter, wenn die chemische Mischung beider W. eine gleiche ist, oder doch in so weit übereinstimmt, dass der Annahme, das Quell-W. sei aus dem andern entstanden, nichts im Wege steht.

Vom Meere *) geht eine Qu. wahrscheinlich aus, wenn das W. der Qu. in seinen chemischen Eigenschaften dem nahen Meerwasser ähnlich ist, u. wenn zugleich eine Bewegung der Qu., die der Ebbe u. Fluth ähnlich ist, auf einen Zusammenhang mit dem Meere hindeutet. Diese ebbende u. fluthende Bewegung der Qu. beweist aber für sich allein nicht, dass das Meer die Mutter der Qu. sei.

Auch ein Theilnehmen der Qu. an den Veränderungen des W.-Standes im Flusse **) ist, wie später erörtert werden wird, für sich allein grade kein Beweis, dass der Fluss die Urstätte des Quellwassers war.

Dieser Zusammenhang mit Flusswasser (See- oder Teichwasser) wird aber fast sicher, wenn Thiere oder andere Gegenstände, die dem Flusswasser oder See angehören, in den Qu. zum Vorschein kommen. Davon hat man viele Beispiele.

Bei Sablé d'Anjou ist ein tiefer Schacht von ca. 7 Meter Durchmesser, dessen W. zur Regenzeit überfliesst u. viele Hechte auswirft (Mém. de l'Ac. des Sc. 1741, 37). Ein Brunnen bei Vesoul, nämlich der Frais puits (Haute Saône), ist eine trichterförmige Vertiefung, aus welcher nach 2—3 Tage anhaltendem Regen ein wahrer Giessbach herausströmt; auf den überschwemmten Feldern hat man bisweilen Hechte bemerkt. Ein etwa 11½ M. tiefer, sehr wasserreicher artesischer Brunnen zu Elboeuf hat mehrmals ganz kleine Aale ausgeworfen; 24 Stunden nach

---

*) In den frühern Jahrhunderten fand die auf eine Bibelquelle begründete Meinung, dass die Quellen unterirdisch vom Meere ausgingen, vielen Beifall. Bei *Pausanias finden sich Angaben über Quellen mit Meerwasser, die auf dem Festlande mehr oder minder entfernt vom Meere zum Vorscheine kamen; es waren dies wohl gewöhnliche Salzquellen.

**) Bei Orléans ist eine sehr reichliche Qu., Bouillon oder Qu. des Loiret genannt, die in dem sehr trockenen Jahre IX, oder 1701 nach anderer Angabe, doch noch 3300 Litres W. in der Minute lieferte; sie wird gross, wenn die Loire anwächst, auch wenn dies durch plötzliches Schmelzen des Schnees geschieht; aber sie wird trübe erst 1—2 Tage, nachdem das Wachsen des Flusses bemerkbar wurde. In der Nähe ist ein Schlund (Gèvre), der Wasser ausstösst, wenn die Loire Hochwasser hat, aber sonst den kleinen Fluss Duis u. einen Theil des W. der Loiret-Qu. verschlingt.

Als bei Utrecht ein W.-Graben trocken gelegt wurde, versiegten mehrere nahe gelegene u. einzelne entferntere Brunnen (*Mulder).

heftigen Meteorniederschlägen wird das W. ganz trübe von Thon u. Sand. Auch aus einem artesischen Brunnen in Aegypten kommen zuweilen Fische (Ayne). Zu Bochum kamen Gründlinge aus Bohrbrunnen. Prof. Désor berichtet von kleinen Fischchen, die sich in mehreren artesischen Brunnen Algiers in dem Augenblicke gezeigt haben, als das W. aus einer Tiefe von 50 M. hervorschoss. Er hält die Thatsache für zweifellos u. sah sie im Kanal des Brunnens der Oase Ain-Tala, desselben, wobei Kapitän Zickel die Fischchen im hervorkommenden W. gefunden hat. Die Fische können auch nur aus dem Brunnen kommen, da das W. weder mit irgend einem oberflächlichen Becken noch Fluss in Verbindung steht. Sie kommen unsern kleinen Bläulingen sehr nahe, haben aber Zähne u. gehören wohl zur Gattung Cyprinodon; sie sind sehr lebhaft u. ihre Augen sind ausgebildet; sie sind nicht blind, wie die Fische der Teiche der Adelsberger Höhle u. der Mammuthshöhle. Das unterirdische Becken, welches die artesischen Brunnen speist, muss beträchtlich sein, da das W. überall, wo gebohrt wird, auf einer Fläche von vielen Quadratmeilen zu Tage tritt. In mehreren Oasen, speziell in derjenigen von Urlana (?), existiren Teiche, die von reichen Qu. gespeist werden u. aus denen wirkliche Bäche abfliessen u. in diesen Teichen sieht man dieselbe Art Fischchen. Wahrscheinlich stehen die Teiche mit den Brunnen in unterirdischer Verbindung. (Zeitungsnachricht, 1861.) Ein artes. Brunnen zu Tours an der Loire, der das W. aus der Tiefe von 115 M. zur Oberfläche fördert, stiess 1831 neben einer grossen Menge von feinem Sande viele Ueberreste von Pflanzen u. Süsswassermuscheln aus. Man erkannte darin unter anderm frische Stengel u. Wurzeln ven Sumpfpflanzen u. Samen, besonders solche von einem in Sümpfen häufig wachsenden Labkraute, noch so erhalten, dass sie gewiss nicht länger als 3—4 Monate im W. gelegen hatten. Alle diese Ueberreste glichen denen, welche man nach Ueberschwemmungen an den Ufern kleiner Flüsse u. Bäche findet. Sie mussten durch offene Kanäle in die Erde gekommen sein, ohne dass sie aber nothwendiger Weise bis zur tiefsten Stelle des Bohrloches gelangt sein müssen. Quellen, die Blätter oder Muscheln (Seemuscheln?) auswerfen, bespricht schon Seneca.

Das W. der Flüsse, welches so viele durch Zerreissung oder Auswaschung offen liegende Schichten berührt, dringt nothwendiger Weise dort, wo es über Sand u. Gerölle oder zerklüftetes Gestein hinläuft, mehr oder weniger in die Tiefe. Von diesen offenen Stellen aus beziehen dann häufig die in der Nähe angebrachten Senkbrunnen oder Bohrbrunnen ihr W. u. der W.-Stand im Brunnen ahmt dann den des Flusses nach; z. B. gibt der Brunnen von Hoog-Elten, obwohl er 4 Stunden von der Maas entfernt liegt, je nach dem W.-Stande in diesem Flusse, mehr oder weniger W. (Martinet Verhandelingen; 1795). Doch vergeht ein gewisser Zeitraum, ehe der hohe oder tiefe Stand des Flusswassers Einfluss auf den Stand des W. im Brunnen ausübt. Es bedarf nämlich das Durchsickern des W. einiger Zeit. Bei einem Brunnen, der 1670′ vom Rheine entfernt lag, zeigte sich dieser Einfluss gewöhnlich erst nach 2 Monaten wirksam; bei hohem W. gelangte das W. schneller zum Brunnen.

Von einigem Interesse möchte es sein, wenn ich die in den Jahren 1832—36 in Köln, Hochstrasse Nr. 12, über die Communication des Brunnenwassers u. des Rheinwassers von Heis angestellten Beobachtungen mittheile. Der Boden des Brunnens lag 3′ 11″ über dem Nullpunkte des Rheinpegels Nr. 0.

Es wurde nun beobachtet:

		Höhe des Wassers	
		im Brunnen:	im Rheine:
1832	1. Juli	5 Fuss 10 Zoll	8 Fuss 3 Zoll
„	1. August	8 „ 9 „	6 „ 1 „
„	1. September	3 „ 4 „	5 „ 9 „
„	1. October	1 „ 9 „	3 „ 2 „
1834	4. Januar	18 „ 3 „	24 „ 0 „
1836	12. December	13 „ 9 „	26 „ 7 „.

Das plötzliche Steigen des Rheines vom 28. Nov. bis zum 12. Dec. um 14' 5" theilte sich also nicht schnell dem auf der Hochstrasse gelegenen Brunnen mit.

In ähnlicher Weise wie das Flusswasser Brunnen speist, kann es auch Qu. bilden, die bis zur Erdoberfläche gelangen. Im grossartigsten Maassstabe zeigen dies die Qu. der Lippe u. der Pader, welche aus versunkenem Flusswasser genährt werden (*Bischof's Geolog. 1. Aufl. I, 16).

Es gibt auch manche Seeen, die mehr Zufluss haben, als sie durch Verdunstung verlieren können. Haben sie, wie dies zuweilen der Fall ist, keinen oberflächlichen Abzug, so müssen sie unterirdische Abflüsse haben. Aus solchen unterirdischen Abflüssen werden zuweilen die Qu. am Abhange der Gebirge genährt, wenn die Seeen hoch gelegen sind.

So z. B. ist dies der Fall beim Daubensee, der 7000' über dem Meere auf der Gemmi liegt u. etwa 1200' unter sich zahlreichen sehr ergiebigen kalten Qu. ihren Ursprung verleiht. Der Lac Glacé d'Or im Thale Larbourst, 8166' hoch, gibt einer starken Qu. Ursprung. Die wasserreiche Qu. der Orbe im Jura rührt ebenso aus einem höher gelegenen See. „In Alpibus summo vertice plures sunt lacus, qui sine origine et sine exitu cum sint, et tamen innumerae undique e clivo montis scaturigines exiliant; verisimile fit. supernos lacus per ima intervacua in eas exonerari." (Bacc. I, 3.) „In Alpibus, qua via ex Italia transitur in Galliam, Cenisii montis lacus et item Vesplii, uterque in vertice... in occultas cryptas sublabentes, unde ad pedes montium hinc Padus, illinc Doria fluvius oritur." (Bac. V.) „Fons est Ananiae, hic in Campania, qui Tophanus appellatur, qui cum Fucinus lacus glaciatur hieme, siccatur, aestate abundat: abest autem minime 30 millia passuum." (Bacc.) Nach Kramer (Fuciner See, 1839) verdankt wahrscheinlich der aus einem, unmittelbar am Fusse einer hohen steilen Bergwand liegenden Becken von vielen hundert Fuss Durchmesser entspringende Fluss Fibreno seinen Ursprung dem Fuciner See. Auch der Kopaische See in Böotien, der während des Sommers fast ganz austrocknet, hat viele unterirdische Abzugskanäle, deren W. nach einem mehrere Meilen langen Laufe, worauf es wahrscheinlich ein Salzlager berührt, mehrere mächtige Qu. bildet. (Poggendorf's Ann. 38. B., 211.) So ansehnlich der reissend schnell strömende Abfluss des Taupo-Sees auch ist, so konnte v. Hochstetter sich doch, wenn er bedachte, wie viele u. wie wasserreiche Zuflüsse der See hat, des Gedankens nicht erwehren, dass dies nicht der einzige Abfluss sein könne, sondern, dass der hochgelegene See ein Reservoir bilde, aus welchem ein Theil des W. unterirdisch abfliesse u. in der Form unterirdischer heisser Qu., welche zwischen dem See u. der Ostküste liegen, wieder zu Tage komme.

§. 27. Atmosphärische Niederschläge als Ernährer der Quellen.

> At magna flumina sunt. Cum videris quanta sint, rursus ex quanto prodeant, aspice. Seneca.

Wenn allein der atmosphärische Niederschlag der Umgebung eine Qu. speisen soll, so muss die W.-Masse der Qu. nicht grösser sein, als der Niederschlag jener Umgebung, in so weit sie ihr W. nach der Gegend der Qu. hinsenden kann.

Sehen wir nun einmal, wie viel Fläche eine der oben (S. 85) genannten grössern Qu. fordert, wenn ihr aller atmosphärischer Niederschlag dieser Fläche zu Gute käme. Wir wollen hierbei als Mittel des fallenden Regens 25"

annehmen *), nicht zu viel für gebirgige Gegenden, wie es die Bildungsstätten der grössern Qu. zu sein pflegen.

Eine Quadratmeile, 60000 Millionen Quadratzoll, gibt bei 25″ Regen etwa 34,3 Millionen K.M. Niederschlag, d. i. fast 29mal mehr als die Karlsbader Qu. ausgiessen; also, wenn nur 1/29 der Regenmenge auch nur einer Quadratmeile der dortigen Umgegend in die Quellenbehausung hineingeht, so würden die Karlsbader Qu. mit der jetzigen Stärke bestehen können. Der artesische Brunnen zu Paris, in einer Schrift zu 3½ Mill. Quart täglich d. i. 47 Millionen K.F. zu hoch veranschlagt, gibt 1460000 K.M. jährlich, wohl etwa nur 1/20 des Regens, der um Paris auf 1 Qu.-Meile niederfällt. Nun steht aber das Bohrloch des Brunnens im Grünsande, der erst 20 Meilen von Paris zu Tage ausläuft und eine Fläche von mehreren tausend Quadratmeilen bildet, u. welcher, der Tiefe des Brunnens nach zu urtheilen, selbst jenseits der Meerenge W. aufnehmen könnte.

In grössern Thälern oder auch in kleinern Thälern, die von einer ausgedehnten Höhe beherrscht sind, gibt es also genug W. für recht grosse Quellen, wenn auch nur ein relativ kleiner Theil zur Speisung dieser benutzt wird.

Wie gross die W.-Menge einer auch nur kleinen geographischen Strecke gegen das unter gewöhnlichen Verhältnissen für eine selbst starke Population nothwendige W.-Quantum ist, zeigt sich in der Benutzung der Drainaige zur Versorgung einer Stadt mit Trinkwasser. In einer Brochüre (Moyen de créer des sources artificielles d'eau pure pour l'alimentation des villes) zeigt Ward, dass man durch Drainir-Röhren, die man in Sandboden legt, an vielen Orten genug Wasser, u. ein sehr gutes Wasser, erlangen kann. Dieses System ist zu Farnham, Rugby, Sandgate, u. an andern Orten ausgeführt.

Noch viel leichter erklärlich ist die grosse W.-Masse vieler Qu., wenn die Möglichkeit gegeben ist, dass sie mit oberirdischen W.-Ansammlungen zusammenhängen, die das Regengebiet einer grossen Landstrecke repräsentiren, z. B. mit der Schnee- u. Eisdecke der Gebirge, mit Bächen, Flüssen, See'n, wie wir dies eben gesehen haben.

§. 28. Waldungen als Sammelplätze des eindringenden Wassers.

Fere aquosissima sunt, quaecunque umbrosissima. Seneca.

Wenn Seneca Beispiele erzählt, in denen erst nach dem Abhauen von Waldungen Quellen entstanden sein sollen, so ist die Vermuthung wohl erlaubt,

---

*) Die jährliche Regenmenge ist für jedes Jahr u. jeden Ort eine andere. Ihre Höhe wechselte in Wien z. B. von 10—18,7 par. Z., in Lemberg von 11,9—32,2 Z., in Frankfurt von 21″ 9‴—28″ 9‴. In den Tropen ist sie sehr gross, bis über 105 Zoll, ja drittehalbmal so viel. An den Meeresküsten ist sie grösser als weiter vom Meere ab; es verhalten sich z. B. die Regenmengen an den Küsten Englands u. im Innern dieses Landes wie 21 : 14. Die Regenmenge nimmt mit der Höhe der Orte über der Meeresfläche zu, weil die Berge die feuchte Luft zu Regen verdichten, daher auch die Alpen eine bedeutende Menge atmosphärischer Niederschläge liefern. In nahe derselben geographischen Breite ist sie z. B. in Stuttgart bei 847′ M.H. 23,7, in Augsburg bei 1467′ M.H. 36,7, zu Tegernsee bei 2263′ M.H. 43,8″. In Deutschland beträgt die mittlere jährliche Regenmenge 12,6—43,8 u. mehr Zoll (z. B. Wien 16, Lemberg 24,1, Bonn 24,7, Zürich 32,2, Bern 43,3, St. Bernhard 55,5), im südlichen Frankreich u. der Schweiz 17,5—47,7 (Paris 20,8), in Italien 20,7—44,4 (Rom 29,3, Neapel 35, Mailand 35,5) Zoll. Für Frankreich ist die mittlere Regenmenge 76 Centimeter durchschnittlich, stark 28 Zoll.

dass sie durch die Entwaldung erst entdeckt wurden. Häufig erleichtert der Wald vielmehr die Quellenbildung dadurch, dass er das Regenwasser mehr zurückhält. Bewaldete Gebirge sind im Allgemeinen quellenreicher als kahle. »Nirgends« sagt *Junghuhn »findet man einen schlagendern Beweis für die Fähigkeit der Wälder, die Feuchtigkeit der Atmosphäre zu sammeln u. Bäche u. Flüsse mit W. zu speisen, als am Sumbing u. Sendoro. Denn während in den Längeklüften anderer bewaldeter Berge, z. B. des Gede, Lawu bis 8000′ hinauf Giessbäche rauschen, während selbst dem noch furchtbar thätigen Merapi von mehreren Seiten reichliche W. entströmen, so sind, ausser nach gefallenem Regen, die Klüfte dieser längst erloschenen u. hoch hinauf bebauten Vulkane oberhalb 4000′ trocken u. wasserleer. Erst unterhalb 4000′ entspringen in ihren Längeklüften die Quellen u. nur einzelne Klüfte der mehr bewaldeten Westseite des Sumbing machen hiervon eine Ausnahme.« Die Alten waren übrigens, wie auch schon aus Seneca's Ausspruch hervorgeht, aufmerksam auf den Werth der Bäume für die Quellenbildung *). In Tropenländern hält der Wald nicht blos das Regenwasser zurück, sondern er verdichtet auch die Feuchtigkeit der Luft. Auf der Insel St. Thomas, erzählt Mercator, regnet es nie; aber in der Mitte dieser Insel liegt ein grosser, mit Wald bedeckter Berg, der beständig von Wolken umlagert ist u. von welchem Bäche entspringen, die die ganze Insel fruchtbar machen. Warme Luft kann bekanntlich viel mehr Feuchtigkeit zurückhalten, als kalte, weshalb man sich auf einer tropischen Insel eine starke Thaubildung wohl erklären kann; für unsere kühlere Zone mag aber Paramelle Recht haben, dass man den Einfluss der Bewaldung auf die Quellenbildung überschätzt u. dass die Entwaldung zwar die Quellen vermindere, aber nicht zerstöre, wenn sie nicht äusserst klein sind.

Viele Seeen sind durch Einschränkung der Wälder kleiner geworden; z. B. der See von Fuquené nach Boussingault u. der Genfer See. Der traurige Zustand des Bodens von Griechenland u. der Apenninenkette wird grossentheils der Ausrottung der Wälder zugeschrieben. Wo die Wälder fehlen, wird die Humusdecke überschwemmt oder fortgerissen, u. das kahle Gestein fällt der Verwitterung anheim. »Man kann sich« — erzählt Blanqui, wo er über die Folge der Entwaldung in den Alpen der Provence spricht — »in unsern gemässigten Breiten keinen richtigen Begriff von diesen brennenden Bergschluchten machen, wo es nicht einmal einen Busch mehr gibt, um einen Vogel zu schützen, wo alle Qu. versiegt sind, u. ein düsteres, kaum von dem Gesumme der Insekten unterbrochenes Schweigen herrscht. Auf einmal, wenn ein Gewitter losbricht, wälzen sich in diese geborstenen Bassins von den Höhen der Berge Wassermassen herab, welche verwüsten, ohne zu begiessen, überschwemmen, ohne zu erfrischen, u. den Boden durch ihre vorübergehende Erscheinung nur noch öder machen, als er durch ihr Ausbleiben war.«

Selbst an einer einzelnen Qu. lässt sich der Einfluss der Bewaldung zuweilen nachweisen, so z. B. am Kirchbrunnen zu Heilbronn, wo man seit

*) *Οἱ ὀρεινοὶ καὶ ὑψηλοὶ τόποι ἀνιοῦσαν ἀτμίδα ψύχουσι καὶ συγκρίνουσι πάλιν εἰς ὕδωρ.* Aristoteles Meteor. c. 13.

60 Jahren zweimal beobachtet haben will, dass der Erguss des Brunnens sich bedeutend vermindert, wenn der Holzschlag sich einer nahen Schlucht nähert, aber sich allmälig wieder vermehrt, so wie das Buschwerk in diesem Waldtheile wieder heranwächst. Im J. 1831, als der Holzschlag in der Schlucht selbst vor sich ging, lief der Brunnen so schwach, dass von 7 Ausflussröhren nur einige träufelten. Die Zunahme der Qu. hielt gleichen Schritt mit dem Wachsen der Bäume. (*Bär Chem. d. prakt. Lebens, 1858.)

In der Nähe von Konstantinopel, 2 Stunden von Bojukdereh, ist ein herrlicher Wald der schönsten Buchen u. Eichen unter den Schutz des Gesetzes gestellt, weil er die Quellen speist, welche Konstantinopel mit W. versorgen.

§. 29. Bergspitzen als Sammelpunkte des Meteorwassers und als Ausbruchsorte von Quellen.

> Nulli unquam fontes in summo montis vertice erumpunt aut adeo prope cacumen, quin semper supermineat portio aliqua superior. Plot De origine font.

Die Höhe eines Ortes ist kein Hinderniss der Quellbildung, wenn nur eine noch höhere Fläche ihn überragt, welche ihm W. spenden kann. So fand v. Humboldt noch Quell-W. in 12400′ u. 14568′ Höhe. Hoch gelegene Flächen beziehen das Brunnen-W. von noch höhern Punkten. *) Aber auf der Spitze eines Berges wird nicht leicht eine Qu. hervorbrechen; geschieht es je, so muss es eine aufsteigende Qu. sein, die ihren Trieb nach oben durch irgend eine der Ursachen erhält, welche das W. heben können u. von denen noch die Rede sein wird. **) Es fehlt zwar nicht an vermeintlichen Beispielen von Qu., die auf der Spitze einer Höhe hervorkommen; aber eine genauere Prüfung einiger solcher Wunderqu., z. B. einer 40′ unter der

*) Tozzetti (1792) schreibt: „Il n'y a peut-être point de province où l'on puisse creuser des puits à si peu de frais, que dans le territoire de Pise. Cette ville est située sur le lieu le plus élevé qui se trouve dans cette plaine, et en même temps le plus éloigné des montagnes; et cependant on est toujours sûr de trouver de l'eau, en y creusant à la profondeur d'environ quatres coudées Cette eau ne manque jamais, et même elle monte à une plus grande hauteur, dans les saisons pluvieuses.“ Es ist jedenfalls filtrirtes Fluss-W., welches hier in die Brunnen gelangt. Trotz seines W.-Reichthums hat Pisa eine grosse W.-Leitung.

„In Salentinis extrema Italiae et Calabriae peninsula, quo Apennini tendit iugum, planicies ampla in summo est, ex qua cum pluviosus est annus, tanta ad subiectos fontes occulte erumpit aquarum copia, ut brevi horarum spatio in omnes redundet puteos, qui et percolata superne aqua subsident.“ (Bacc. I, 3.)

**) Bei kleinen Erhöhungen kommt vielleicht ein solches Gehobenwerden des W. vor. Zu Leuk (hinten im Thale, am Fuss des Berges, nahe der Dale) sah *Morell 1783 einen konischen, nicht 2 Mann hohen, nicht 25 Schuh langen, noch 15 breiten Hügel, aus dem 5 recht starke Qu. entsprangen, wovon 3 ganz dicht neben einander hervorflossen, u. wovon die mittelste die kälteste war. „Das W. muss hier gleich einer Wasserleitung in der Mitte dieses kleinen Hügels in die Höhe steigen, um da hervorzuquillen.“

Hochebene gelegenen Qu. bei Dijon u. der 5600′ hoch, aber 637′ unter dem Gipfel des Ventoux gelegenen Feyole-Qu. (Vaucluse), hat gezeigt, dass der Regenfall in den noch über diesen Quellen liegenden Gebirgstheilen ansehnlicher ist, als die W.-Menge dieser Quellen.

Der ziemlich ausgedehnte Rücken des basaltischen Petersberges im Siebengebirge liefert das W. für einen Senkbrunnen; die darunter liegenden Spalten des Basaltes sind wohl verschlammt. Die auf dem Montmartre gelegene (noch vorhandene?) Qu. liegt nicht auf der Spitze dieses Hügels, sondern etwa 50′ tiefer u. hat ein Areal von 1860′ Länge u. 622′ Breite über sich, welches mit dem darauf fallenden Regenwasser leicht eine kleine Qu. nähren kann (*Arago). Eine von Derham angeführte Qu. zu Upminster, entspringt 15—16′ tiefer als der Gipfel des Hügels. Der ca. 3500′ hoch auf dem Brocken gelegene Hexenbrunnen, eine perennirende Qu., die jährlich an 525600 K.F. W. geben soll (?), — die übrigens bei der Dürre des J. 1786 versiegte; cf. Mangourit Voy. en Hannov. 1805, 479) – liegt 18′ oder gar 42′ unter dem 3512′ hohen Gipfel der flachgewölbten Kuppe dieses Berges, dessen Plateau zu 1000′ im Durchmesser angenommen wird. Eine andere W.-Ansammlung liegt 18—20′ unter der obersten Platte des Ochsenkopfs.*) — Bauhin (I, c. 3) führt einige Beispiele von Quellen auf Bergspitzen an. „Ultra Willam est mons rotundus, ab aliis sejunctus, in quo agri: in cuius cacumine fontem esse perhibent. Talem etiam habet Illustr. E. C. in vitifero suo monte Montbelgardensi. Eiusmodi etiam in Sungovia Lotharingiam versus in cacumine praecelsi montis ab aliis semoti, in castello Wildstein Abbatum Maurbachensium observavi. Ultra praedictum montem Willensem ingentes sunt montes alii, in quorum fine... ostendabatur arx diruta in monte sylvoso, ab urbe Willae horae semissem distans. Sequitur magnus mons et excelsus, in cuius fastigio arx est Teck dicta.. Supra est planities plurium passuum, et, quod notabile, insignis fons passus plures ab arce e rupe promanans. Montem hunc ambiunt convalles circumquaque spatiosae, quibus ab aliis dirimitur montibus, neque vero planities tanta ut delapsa eo aqua inundet. Paulo supra fontem patula est" etc.. Auch Crusius (Annal. Suev. l. Paral.) spricht über die Qu. auf dem Berge Teccius (Teck im Donaukreis): „In eo loco" (nämlich auf der Höhe) „fons aquae vivae scaturit idque ex 3 locis petrae." Der Brunnen sei wenigstens 10 Stufen tief, das W. stehe mannhoch, selbst in einem trockenen Jahre. „Mira certe res in tam excelso monte a ceteris omnibus separato aquam ultro subsistere et quotidie LX pecoris capitibus potum large praebere." Die Burg war einer Stadt ähnlich, also bietet der Berg gewiss genug Oberfläche, um einen etwas abwärts gelegenen Senkbrunnen mit W. zu speisen. — Auf dem Enna, einem beim Aetna gelegenen Berge, der reich an vielen Quellen u. Salzbrunnen ist, welche den Fluss Salsus bilden, liegt Castrum Joannes. „Habet in ipso cacumine fontem aquae dulcis uberrimum ac saluberrimi potus tam animantibus quam hominibus." Auch eine warme Qu. ist dort. (Baccius V.) —

„Cum in Hyberniae regione Connachia mare bis quotidie aestuat, bisque quiescit, fons ibi in montis excelsi vertice est, illius maris aestum quotidie imitetur; nam bis die naturali deficit bisque exundat." (Ortelius in Hybernia.) — Zu Vilagos, 3 Stunden von Pankota, soll auf der Spitze eines Berges der Heiligenbrunnen liegen. — So lange man nicht mit Genauigkeit die Menge des atmosphärischen Niederschlages, welche auf den über der Qu. gelegenen Theil der Berge mit der W.-Menge der Qu. verglichen, muss man annehmen, dass jede solche Qu., wie andere gemeinen Qu., von Meteor-W. gespeist wird.

---

*) „Desgleichen entspringt auch einer dieser Art fast zu oberst auf dem Spriling, welches ein hoher Berg, so zwischen dem Cumersee u. den Graw-Püntern oder Curwalen gelegen ist, aus welchem Brunnen ich Anno 1555 den 9. Septembris, als ich aus Italia gegen Feldkirch, u. dem Bodensee zuzog, ein trunck that, von dem ich erkrancket, u. 22. Wochen zu Basel tödtlich kranck lag, da alle Artzte sagten, das ich weder Lung noch Leber mehr im Leib het, u. nicht leben möcht." Zur Seite steht: „Thurneisser saufft sich kranck."

»Ich habe« schreibt Paramelle »über 100 Berge besucht, grosse u. kleine, auf denen ganz auf der Spitze eine Qu. sein sollte. Kein einziges Mal war dies in der That so. Immer war über der Qu. noch ein Terrain von einigen Metern, dessen Ausbreitung der Stärke des W. proportionirt war. Alles, was die neuern Hydrographen zum Besten gegeben haben von vermuthlichen u. umgekehrten Hebern. die von einem höhern Berge ausgehend, durch sehr zahlreiche u. tiefe Thäler hindurchziehen sollen, blos um eine kleine Qu. auf einem weniger hohen Berge zu bilden, beruht auf keiner Thatsache. Nie hat man einen unterirdischen Wasserlauf durchschnitten, worauf eine höher gelegene Qu. ausgeblieben sei. Zuweilen trifft man in Bergketten wohl eine Höhe, die eine Qu. auf den Rücken eines Berges ergiesst; diese Qu. bildet sich nicht dort, sondern sie kommt von der ganzen Masse der nahen Höhe, deren Schichten nach dieser Seite geneigt sind. Endet ein Berg mit einem geräumigen, leicht geneigten Plateau, das einige Meter permeables Terrain hat, welches auf einer undurchdringlichen Schicht ruht, so ist es selten der Fall, dass nicht eine Qu. gegen die Mitte oder am tiefsten Punkte des Plateaus hervorkäme. Die viel grössere Häufigkeit der Regen auf den Höhen im Vergleich zu den Ebenen, die grosse Ausdehnung der Plateaus, die gewöhnlich günstige Beschaffenheit der obern Lagen erzeugen oft sehr bedeutende Qu., die in der That nur einige Meter Erde über sich haben. Man sieht dort selbst von Qu. genährte Seeen.... Wenn Hochebenen von genügender Breite, etwa 5—600 Meter, ihrer Ausdehnung angemessene Qu. liefern, so ist dies nicht mit einigen Plateaus der Fall, die nur einige 50 Meter im Durchmesser haben, selbst wenn die Terrain-Beschaffenheit zur Quellenbildung günstig wäre. Konische isolirte Berge, die an ihrer Basis weniger als 4—500 Meter Durchmesser haben, können, wie auch ihre Höhe u. Configuration sein mögen, an ihrem Umfange höchstens nur sehr schwache Qu. bilden u. haben deren häufig gar keine. Ein Gleiches gilt von hingezogenen Hügeln, die z. B. nur 4—500 Meter Dicke an der Basis haben, die nur dann ziemlich voluminöse Qu. besitzen können, wenn ihre Schichten nicht nach zwei Seiten, sondern nur nach Einer abfallen.« Was von den Bergen des Festlandes gilt, ist auch für die Berge des Meeres, die Inseln, gültig. Im Allgemeinen sind die niedrigen u. kleinen Inseln arm an Qu. u. geben die wenigen Qu. nur sparsam W.; auf hohen u. grossen Inseln dagegen sind die Qu. häufig u. geben W. in Ueberfluss.

§. 30. Quellbildung auf Inseln.

Inseln, d. h. mehr oder minder hohe Erhöhungen, die vom Meere umflossen sind, sind der Quellbildung, wie die Gebirge des Festlandes, günstig; sei es, dass das Gebirge als Sammler des Meteorniederschlages anzusehen ist oder als Vermittler eines Durchbruchs, wodurch das unter dem Drucke einer überragenden Wassersäule oder unter einem sonstigen Drucke stehende W. hervorbrechen kann. Im Allgemeinen kann man von den auf Inseln befindlichen fliessenden Qu. u. Brunnen annehmen, dass sie direkt von einer aus Meteorwasser entstandenen unterirdischen W.-Ansammlung, die auf der Insel selbst liegt, gebildet werden. Wo die Entfernung vom Lande nicht

allzugross ist u. dieses höher als der Quellort ist, darf man daran denken, dass das W. auf einem gebogenen Verlaufe vom Lande her unter das Meer weg zur Insel gelange.

Kleine Inseln, die nahe am Festlande liegen u. gewissermaassen als dessen Verlängerung angesehen werden können, haben zuweilen gleich dem Meeresufer süsses W.. So hat die nur 1/5 Qu.Ml. grosse Insel Norderney an allen Stellen, welche nicht von der täglichen Fluth erreicht werden, süsses W. u. man sieht, sobald Ebbe ist, ausserhalb der Dünen sogar süsses W. emporsprudeln (v. Halem). Ich weiss nicht, ob u. inwiefern der Ueberfluss an gemeinem W., den einzelne Granitklippen der Ostsee, Ertholmen genannt, selbst im trockensten Sommer haben sollen (Augsb. allg. Ztg. 1845, 2. Juni), sich auch aus einer Verbindung derselben mit dem Festlande unter dem Meeresboden erklären lasse. Eine solche unterirdische Verbindung dürfte aber schwerlich bei der Insel Urk in der Zuider-See bestehen. Diese sonst flache Insel hat einen etwa 100 F. über dem Meere sich erhebenden Steinhügel, den einzigen Felsen in den holländischen Meeren. Auf ihm ist das Dorf gebaut. Auf den höhern Punkten dieses Hügels gibt der seichteste Brunnen angeblich mehr W. als die niederiger gelegenen u. tiefer geführten Brunnen.

Inseln, die ein paar Quadratmeilen gross sind, bieten räumliche Ausdehnung genug zum Entstehen von Quellen, ja von Bächen.

Die 3—4 Qu.Ml. grosse Insel Tino, durch einen Kanal von dem etwas grössern Eiland Andros getrennt, hiess nach Aristoteles wegen der Menge ihrer Qu. Hydrussa u. hat mehrere laue Qu. (Plin. IV, 22).*) St. Helena, vorzüglich aus einem 2—3000′ hohen Felsen bestehend, wovon 3 Bäche hinabströmen, ist quellenreich, obwohl nur 3½ Qu.Ml. gross. St. Kilda ist eine wegen ihrer Felsen fast unzugängliche, nach Lewis Angabe quellenreiche Hebrideninsel. Eine neulich von den Engländern in Besitz genommene Koralleninsel (3°49′ N.Br., 161° W.L. Paris), welche reich an Trinkwasser ist, hat auch ohne Zweifel so viel Oberfläche, dass sich die W.-Ansammlung erklären lässt. Der höchste Berg der Insel Luçon, welche 1400 oder gar 2500 Qu.Ml. Oberfläche hat, ist der Mai-Hai, der in Form einer abgestutzten Pyramide sich so hoch über die andern Berge der Insel erhebt als diese über die Ebene. Nur wenige Personen haben ihn bestiegen. „Den Gipfel bildet ein eingestürzter Krater mit einem bedeutenden See, welcher durch Felsenrisse einen natürlichen Ausfluss hat. Wegen der Höhe des freistehenden Berges muss der See von artesischen Qu. genährt werden.“ *v. Hügel, Der stille Ocean, 1860. Nach Labat (Voy. en Guin. III) kommen die kleinen Flüsse u. Bäche, die auf der Isle du Prince verlaufen, alle aus einem kleinen See, der auf der Spitze eines hohen, wie ein Pic in der Mitte der Insel stehenden Berges liegt. Dieser Berg hat aber an seinem Gipfel eine Fläche, in deren Mitte dieser See ist,

---

*) In den alten Autoren geschieht noch von andern solchen Inseln mit Quellen Erwähnung, obwohl hier Fabeln mit unterlaufen. *Strabo (V, 19) sagt von einer Insel, an die man nach einer mehrtägigen Fahrt nach Westen gelange: „Das Gebirgsland hat viele Quellen. Ueberhaupt ist die Insel mit frischem süssem W. reichlich versehen, was das Leben in dieser Gegend nicht nur äusserst angenehm macht, sondern auch zur Gesundheit u. Stärkung des Körpers dient.“ In der Mitte des Haines, der auf der vermeintlichen arabischen Insel Panchaia dem Jupiter heilig war, floss nach Diodor (V, 43) eine so grosse Quelle, dass sie einen schiffbaren Fluss bildete. Auch waren andere gewaltsam hervorströmende Quellen dort (c. 44), deren W. durch Klarheit u. Süsse sich auszeichnete, wobei viele Kranke Genesung suchten (πρός τε τὴν τοῦ σώματος ὑγίειαν πολλὰ συμβαλλόμενον τοῖς χρώμενοις). Dieses W. hiess Sonnenwasser.

dessen Spiegel immer die gleiche Höhe einhält, obwohl oder vielmehr weil er alle diese kleinen Ströme abgibt.

Kleine Inseln, die sich wenig über die Meeresfläche erheben, haben zuweilen süsses Brunnen-W.; dies ist so zu erklären, dass das Regenwasser Gelegenheit findet sich anzusammeln, ohne mit dem Meerwasser vermischt zu werden. Oefters liegt das Regenwasser nur auf dem spezifisch schwereren Meerwasser; dann kommt man auf salziges W., wenn man das süsse wegnimmt. Da es immer eine längere Zeit erfordert, bis die Salze des Meerwassers in das süsse W. diffundirt sind, so hält sich das obere W. einige Zeit ziemlich frei von Salz. Cf. Hydro-Chemie 135.

Viele Inseln sind durch Thermal-W. ausgezeichnet, sei es nun, dass das zu deren Erzeugung nöthige Thermalwasser auf diesen Inseln selbst sich sammelt, oder dass es von benachbarten Eilanden oder vom Festlande abstammt u. auf unterirdischen Wegen in Form einer communicirenden Röhre hingelangt, oder dass es, gleich einem vulkanischen Feuer, aus unbekannten Tiefen aufsteigt.

Thermen auf der chinesischen Insel Hiangschau, welche in sehr tiefen Schlammpfuhlen hervorkommen, sind darum merkwürdig, weil sie mit der Ebbe u. Fluth ihren Stand verändern; so stehen z. B. die Spiegel 2 Stunden vor Hochwasser noch 8—10 Zoll unter ihrem höchsten Stande. Dabei ist es interessant aus der Analyse von Harland (Transit. of Ch. B. of the Royal Asiat. I, 20) zu ersehen, dass dieses W. sich von dem des nur einige Schritte davon fliessenden Seearmes durch die Abwesenheit von jeder Spur Chlormagnesium, wie schon der Mangel der Bitterkeit zeigt, unterscheidet. Es enthält in 10000 Th.: Na Cl 46,7, Ca Cl 0,34, $CaO\,SO^3$ 10,18. *Friedel Beitr. zur Kenntn. Ostasiens, 1863. Von den Thermen auf der Insel Mokoia s. S. 68.

§. 31. Einfluss der Stärke des Meteorniederschlages auf die Wassermenge der Quellen.

Quidam existimant, quicquid ex imbribus terra concipit, in flumina rursus emitti.
Seneca.

Dieser Einfluss ist für gemeine Brunnen allgemein bekannt u. wird auch an den nicht aus grossen Erdtiefen kommenden M.Qu. öfters beobachtet. In trockenen Jahren u. Jahreszeiten versiegen manche derselben, in nassen Jahren u. Zeiten oder bei Thauwetter u. Hochwasser fliessen sie stärker. Einzelne Qu. erscheinen nur nach starken Regengüssen oder bei Thauwetter. Auch Mineralquellen sind wohl nach nasser Witterung ergiebiger.

Am Chatagna im Jura ist ein Felsspalt, aus dem im Winter ein breiter Strahl beinahe 4 Meter hoch springt; im Sommer ist er vollständig trocken u. dann weht aus den Spalten ein starker Luftzug.

In den J. 658, 1000, 1132 versiegten die Qu. vor Trockenheit; 1303 u. 1304 lagen Loire, Rhein u. Donau trocken. Ein trocknes Jahr war auch 1566, wo der Wein in Illyrien fast wohlfeiler als W. war. „Ingens fuit nec sane indigna memoriae siccitas, quae contingit iam tertio hinc anno 1566, nam cum a primo ortu Pleiadarum mense Maji ad ultimum fere usque occasum, sex mensium intervallo nullae visae fuerint pluviae in Italia, non fontes modo sunt exiccati, sed magna etiam flumina defecere.“ (Baccius.) — Als hierher gehörig führe ich noch die Bemerkungen an, welche ein alter Schriftsteller macht: „Hoc arido anno comperimus, complures praestantissimos fontes perdidisse plus quam dimidiam partem, nullos vero

eorundum plus quam quatuor quintas partes aquarum, quas soliti fuerant reddere eisdem stationibus aliorum humidorum annorum, aquarum autem residuarum virtus tanto efficacior est. Nunc vero notandum est, hos fontes meliores, qui sunt ad declivitatem montium et in solo altiore, fluentum suum melius servare, quam qui sunt in profundiore valle. Ita quoque se res habet in multis nobis vicinis locis; quando nimirum fontes meliores amiserant quatuor quintas partes sui fluenti, multi humiliores fontes penitus fuerant exsiccati." (Tract. var. d. aq. compl. med. 1689.)

Die berühmte Qu. von Nimes verringert bei grosser Dürre ihre Ergiebigkeit bisweilen bis auf 1330 oder gar bis zu 783 Liter in der Minute; sobald es aber bis zu 1000—1200 (10000—12000?) Meter Entfernung im Nordwesten der Stadt heftig regnet, wächst die Qu. schnell wohl bis zu 10000 Liter an, ohne ihre Temperatur zu ändern. — Eine Qu. zu Upminster nimmt in der trockensten Jahreszeit nicht ab u. nicht zu durch Regen, ausgenommen ein paar Stunden nach einem sehr starken Regengusse. — Eine 2°7 warme Qu. auf dem Moosberge im Salzkammergut verminderte sich selbst in den kältern Monaten nicht bedeutend; 100′ höher ist aber ein zweiter Abfluss, der gewöhnlich trocken ist, aber 5—6 Tage nach eingetretenem starkem Thauwetter oder in gleicher Zeit nach einem heftigen oder langen Regen überströmt. Beide sind wahrscheinlich Ausflüsse desselben Behälters.

In Yucatan herrscht nach der zweimonatlichen Regenzeit absolute Trockenheit; dann verliert sich das W. immer mehr u. schon nach 2 Monaten ist kein Tropfen mehr zu finden als in 25—30 Meter Tiefe. — Von der Acqua di Tufano unweit Frusinone sagt Lancisi: „aestate per incertas plerunque annorum periodos suis e venis solito uberius manat" u. von nahen Schwefel-Quellen: „Non abs re fuerit animadvertisse, aquas hujusmodi aestivis fervoribus non tantum non minui sed interdum etiam mirum in modum augescere: id, non utplurimum singulis septenis aut octonis annis solet occurrere...." „Ferentinenses aquae mense Julio 1709 tanta mole suis e venis eruperunt, ut extra alveos torrentis in modum effusae universam pene planiciem inundarint." Lancisius sucht die Vermehrung des W. aus dem vorhergegangenen starken Winter u. der Nässe des Frühjahrs zu erklären: „Caeterum mirari desines, cur isthic hoc anno affluentior aqua, tam dulcis, quam mineralis, suis ex scatebris effluxerit... etenim dum algidissima hyems aqueos vapores e terra excitari prohibuit, recens exterumque nitrum abunde nimis infusum est. (?) Ver autem pluvium subterraneas venas latice magis implevit; exinde sub aestatis initium utraque de causa potuit uberior lympha manare. Vidit phaenomenon hoc ante mensem ipsa etiam Roma, timuitque, cum in valle juxta moenia montis Coelii exigua caeteroqui scaturigo tantam aquae copiam ocyssime reddidit, ut brevi locum illum impleverit, et insectorum amphibiorumque multitudinem admiserit, certo certius circumfusae etiam atmophaerae plurimum nocitura, nisi summa Clementis XI providentia udam sinuosamque vallem citissime aggesta terra oppleri jussisset." Lib. II Epid. V.

Auch einige Bohrbrunnen sind in der Ergiebigkeit von der Witterung (Regenfall, Eisschmelzen) abhängig. *)

Ein Bohrbrunnen zu Choque sprang dreimal höher über der Erde, wie gewöhnlich, als ein plötzliches Thauwetter den hydrostatischen Druck vermehrte (Arago). — Der artesische Brunnen zu Isny in einer 2146 p. F. über dem mittelländischen Meere befindlichen Gegend Würtembergs gelegen, lieferte bei einem mehrere Tage anhaltenden Regen 480 Maass in der Minute, bei grosser, etwa 3 Monate

*) Bei starkem Regen u. bei hohem Stande des Neckars vermehrt sich der Zufluss zu den Kannstadter Bohrqu. bedeutend; der Wilhelmbrunnen gibt bei mittlerem Neckarstande 240 Maass die Min.; am 2. Aug. 1851, als der Neckar um 18′ gestiegen war, gab er bis 444 Maass. Es kommt dies aber wohl daher, dass bei hohem W.-Stande der Ausfluss vieler in seinem Bette austretenden Qu. gehemmt wird. Man kann unmittelbares Zuströmen des Neckarwassers nicht wohl annehmen, weil beim höchsten Stande die Qu. klar bleiben. (Vgl. S. 100.) — Der grosse erbohrte Soolsprudel zu Nauheim wird ungefähr 4 Wochen nach einem anhaltenden Regen wasserreicher ohne an Concentration zu verlieren.

anhaltender Kälte nur 360, bei grosser anhaltender Trockenheit etwa 380 Maass aus einem 70 würt. Fuss tiefen Bohrloche.

Viele Salzbrunnen haben mehr oder weniger Soole je nach der Witterung.

Die Hauptquelle zu Bex ist einer periodischen Steigerung unterworfen, die sich 14 Tage nach dem Eintritte der Wärme u. des Schneeschmelzens zeigt (*Saussure). — Das Niveau der Soolbrunnen zu Rothenfelde ist von Trockenheit u. Nässe des Wetters abhängig. — Die grossere Ergiebigkeit der Soolquellen zu Artern folgt gewöhnlich nach starken Thaufluthen oder anhaltenden starken Gewitterregen u. ist häufig mit einer Vermehrung des Salzgehaltes verbunden.

Selbst einige natürliche Sauerquellen sind nicht ganz unabhängig von der Regenmenge.

Das Jahr 1842 war so trocken, dass verschiedene Säuerlinge des Neckarthales, z. B. Niedernau, eine Zeit lang vollkommen versiegten. Die ältern kalten Säuerlinge zu Teinach, die nur 21 Pfund W. in der Min. liefern, zeigen sich ergiebiger bei nassem als bei trockenem Wetter. – In dem kalten Winter 1822—23, wo die meisten Brunnen der Gegend trocken lagen. und im heissen Sommer von 1826 war bei den Sauerwässern zu Driburg eine Verminderung des W., das weder stärker, noch schwächer von Geschmack als sonst war, nicht zu verkennen (Ficker). — Anhaltende Beobachtungen der Ergiebigkeit einer sehr reichhaltigen Gruppe von Salz-Säuerlingen, nämlich der Franzensbader Qu., welche Zempsch 1826—29 anstellte, ergaben Folgendes: Die Quantität des Abflusses der M.Quellen steht in direktem Verhältnisse mit der Summe der meteorischen Niederschläge, die in den Monaten Mai bis August dort, wie an andern Orten derselben Breite, am grössten, im April u. Oktober am kleinsten sind. Diese Qu. steigen durch ein Moorlager in die Höhe; der gemessene Ausfluss ist unberechenbar klein gegen die W.-Massen, welche unterhalb des Moors aus dem festen Boden treten.

Oelquellen haben sich nur selten abhängig von meteorischen Niederschlägen gezeigt.

Die Bitumenquellen am Euphrat vermehrten sich bei Schneefall (Strabo XVI) u., wie man wohl hinzusetzen kann, darauf folgendem Abschmelzen desselben; wenn nicht diese Vermehrung von Verminderung des Luftdrucks abhängt.

Auch einige Thermen geben wohl mehr oder weniger W. je nach der vorhergegangenen Witterung. Dabei lässt sich aber oft vermuthen, dass ein Zufluss von Regenwasser kurz vor dem Austritte des Thermalwassers stattfinde.

Halbthermen. Die durch Bohrung aufgefundene Kannstadter Sulzerainquelle, 19° warm, erfährt periodische Schwankungen hinsichtlich ihrer Ergiebigkeit, welche nach Plieninger „weniger von der Beschaffenheit der Fassung, als vom Steigen u. Fallen des unterirdischen Zuflusses meist abhängig zu sein scheinen.“ — Bei heftigen meteorischen Niederschlägen bleibt die W.-Menge der venetianischen, aus einem Kalkberge hervordringenden Halbtherme zu Pellegrino auch nicht immer gleich. Zwar wird von Brugnatelli berichtet, dass bei einem heftigen 3stündigen Gussregen am 14. Sept. 1793 die W.-Menge dieser Qu. u. die Klarheit des W. unverändert blieb, obwohl die Gebirgs-W. äusserst trübe flossen; aber Carrara bemerkt als Augenzeuge u. auf die Aussage der Einwohner, dass das W. erst einige Tage nach solchen Regengüssen vermehrt erscheine, wobei es jedoch seine Klarheit bewahre. Es werde um so grösser, je länger jene angehalten hätten, während es fast immer unmerklich nach den Gewittern eines Tages steige. Diese Erscheinung sah er bei mehreren andern perennirenden u. bei nicht beständigen Qu., besonders bei Qu. hoher Gebirge. Nach einem trocknen Winter im Vorfrühling 1770 blieb die genannte Qu. unvermuthet aus u. gab 50 Tage kein W. mehr. (*Delle acque semitermali di S. Pellegrino, Milano 1829). Lussano, der neueste Schriftsteller über diese Qu., gibt zu, dass sie in sehr harten Wintern vermindert zu werden scheine (Schmidts Jahrb. 1852, Nr. 3).

Hochgradige Thermen. Ein mit 60° hervorquellender Thermalbach in Afrika soll schwächer in der trockenen Jahreszeit als in der Regenzeit fliessen (*Gumprecht). — Fünf der Thermen zu Bagnères d'Adour gaben im April 1821 stündlich 20 K.M. W., im Okt. desselben Jahres nur 12½ K.M.. Diese Abnahme betraf vorzüglich die stärkern unter ihnen (*Patissier Manuel p. 24). — Bains près Arles hat 2 ergiebige Schwefelthermen, deren W. sich nach starken Regengüssen trübt u. stärker fliesst. — Mousson hat die Frage zu lösen gesucht, in wie fern die W.-Menge der Thermen von Baden in der Schweiz von den atmosphärischen Niederschlägen abhängig sei. Das Resultat seiner Untersuchungen war, dass der Einfluss der Jahreszeiten spürbar sei, u. zwar ziemlich gleich u. kleiner bei den tiefen, ungleich u. bedeutend grösser bei den höher mündenden Quellen, dass aber der Einfluss verschiedener Jahrgänge noch grösser sei, jedoch die W.-Menge eher von den Niederschlägen ganzer Jahre, als nur einzelner vorhergegangener Monate abhängig zu sein scheine. (Mitthl. d. naturforsch. Ges. in Zürich I, 1848 u. 49.) Die Masse der Quellen der grossen Bäder wechselte in 10 Messungen von 1848—52 von 337—422 Schweizermaass, die der kleinen Qu. von 121—144 Maass; die Gesammtmasse von 458—566 Maass, 1853 von 519—562, 1858 von 404—440 Maass.

Es sind aber auch sehr viele Qu. beständig, sowohl wasserreiche gemeine, als mineralische oder thermale W., an denen man keinen Abgang bei langer Dürre u. keinen Zuwachs vom Regenwetter bemerken kann. Es ist dies für Thermen u. Sauerwässer die Regel.

Im J. 1719 war der Allierbach u. selbst die gewöhnlichen Brunnen trocken, der Chissonbach konnte die Mühlen nicht mehr treiben; dennoch hatten die M.Qu. von Vichy sich um keine Linie vermindert (Chomel 1738). Gleichwohl ist die W.-Menge der Thermen von Vichy nicht ganz konstant.

§. 32. Von der Jahres-Witterung abhängige Quellen (Hungerbrunnen, Theuerungsbrunnen).

> Quidam annuarias id genus aquarum mutationes in praesagiis futurae annonae accipiunt non frustante diligentia. Nam si aquae plus solito abundent fontibus, tabescere segetes observant. Baccius.

Die Zeiten, während welcher die Zeitbrunnen oder periodische Quellen aussetzen, sind an Dauer sehr verschieden. Einige Qu. bleiben ein oder mehrere Jahre aus: Jahresquellen; andere fliessen nur zu gewissen Jahreszeiten: Monatsquellen, Frühlings- u. Sommerquellen; wieder andere nur zu gewissen oder unbestimmten Stunden: Stundenquellen.

Hungerbrunnen werden wohl solche Jahres-Quellen genannt, die nur in ausserordentlich regnerischen, der Fruchtbarkeit der Felder ungünstigen Jahren zum Vorschein kommen u. als Vorbedeutung theurer Fruchtpreise beim Volke gelten. Zuweilen mag ein sehr warmer Sommer durch ein ungewöhnliches Abschmelzen des Schnees dieselbe Wirkung wie vieles Regnen haben. *)

*) Jahrelanges Versiegen von grössern Quellen aus unbekannten Ursachen ist selten. Nach einer Erzählung bei *Pausanias (l. VIII) soll bei Olympias eine Qu., in deren Nähe ein Feuerausbruch stattgefunden, alle zwei Jahre W. haben. Quellen, die 3 Jahre nacheinander stetig fliessen, es regne oder es regne nicht, u. nachmals auch wieder verseihen, u. dies wechselweise, bei Trafixa (Landschaft Chiapa Amerika) erwähnt De Laet Beschryv. van West Indien VII, c. 3. Die unterirdischen Qu. in München, die sog. Wasserhügel sollen regelmässig (?) u. vom Stande der Isar, von nassen oder von trockenen Jahrgängen durchaus unabhängig, während 7 Jahren steigen u. dann 7 Jahre lang fallen; das J. 1859 war das 2. Jahr ihres

„Lucales aquae celebres sunt in Sinensi agro iuxta pagum Rosiae quae non perenniter, sed certis annis fluunt, ac sequitur penuria, alias ubertate futura obcaecantur in totum, ut sicco pede, qua media scaturiebant via (nam magnae sunt venae) transiri possit... Aliae similes et temporariae scatebrae sunt ad Pientiam in ecclesia Sancti Reguli, ubi fontem vivum observant pro miraculis, tempore ubertatis siccum, instante vero penuria sacro eo latice abundantem. Aliam similem commemorat haberi sub Narnia Leander Albertus. Ad Larium lacum sub Como fons hac censura dignus est, qui cum tota hieme subsistat, mox ineunte calore aestatis in totum autumnum abundat aquis, eisque lacteis; nempe quia stillatitias tempore calorum ex nivibus hiemalibus suscipit aquas et pro colluvie lapidum, quam obducit ex illis intervacuis, albicantes. Unde quo plus vel minus abundant, annonae similiter arguunt incolae vel penuriam vel copiam.“ (Dieser Frühlingsbrunnen fliesst also in einem sehr heissen Sommer mehr als in einem weniger warmen u. steht gewissermaassen im Gegensatze zu den andern Hungerbrunnen, die in nassen Sommern erscheinen.) „Similis naturae praedicatur lacus Vadimonis, qui Bassanelli dicitur XXX circiter ab urbe milliariis. Quem, ad maiorem fidem, scimus hoc anno MDLXIX, quo universalis est in tota Italia penuria, exundare iam iusque a veris principio mirandis modis. Eadem de Lucalibus ac Sancti Reguli praedictis aquis accepimus, quae nimirum exiccatae iam multis annis hoc anno in admirationem usque indigenarum, qui hanc earum sciunt naturam, exuberant. Eadem ratio esse videtur de quodam fonte ad Arcadiam Cretae oppidum, qui ponitur a Theophrasto, nam ad multum tempus cessat effluere, deinde rursus emergit.“ Baccii l. de thermis. Baccius meinte, wie die Natur zuweilen mehr Kraut oder Stroh oder Lolium erzeuge, so gehe die Kraft des Wachsthums ein anderes Jahr mehr ins Wasser, dann kämen mehr Quellen, aber den Früchten fehle die Feuchtigkeit. Cf. Kircheri Iter Etruscum.

*Scheuchzer hat sich die Mühe genommen, die Richtigkeit der Volksmeinung in Bezug auf den Hungerbrunnen zu Wangen im Züricher Gebiete durch Vergleichung mit den Kornpreisen zu prüfen. *Schweitzerland I, 340. Solche Hungerbrunnen fliessen wohl vom 25. März bis 8. Sept. (zwei Marienfesten) oder zwischen 3. Mai—14. Sept. (Kreuzerfindung u. -Erhöhung). — Nach Runge gibt es derartige Brunnen auf Aspi bei Affoltern am Albis, im Degermoos, zu Bramafan im Junthale, bei der Ruine Neuenburg am Rhein (Schaffhausen); im Frickthale nennt er den Hormisser Brunn. — Rob. Plot. (Nat. Hist. of Staffordshir. c. 2, p. 46—49) benennt als solche: Moss-poole bei Merton, Pfarre Forton, Drude-Meer, Pfarre Aldridge, einen Brunnen bei Billington, Pfarre Seighford, bei der Kirche Whittington, bei Hilderston. In Gu. Nubrigens. rer. angl. I, c. 28 wird einer aus der Provinz Deira angeführt. — Zu Altheim bei Ulm soll auch ein solcher Brunnen sein (Zeiler cent. VI epist. n°. 52). — Im Landgericht Sultzbach in der obern Pfalz flossen im J. 1661 die Theuerungsbrunnen stark u. brachten eine unglaubliche Menge „Grundeln“ mit, so dass man sie auf den Strassen fand; 1662 war das Getreide auf den vierfachen Werth gestiegen; 1665 waren sie ganz vertrocknet u. erschienen wieder 1675 (Seydel bei *Loelius Hyg. Weihenzell. 1682).

§. 33. Von der Sommerwärme u. Tageswärme abhängige Quellen (Frühlings- u. Sommerquellen, Maibrunnen, tägliche Stundenquellen).

Multi fontes hyeme tota subsidunt vere primum aquis redeuntibus. Plin. XXXI, 4.
Hyberno redeunte gelu, discedit et unda.
C. Bruschius.

Es gibt Quellen, die nur im Frühling u. Sommer fliessen, weil nur dann der schmelzende Schnee oder das aufthauende Eis ihnen W. spendet.

Anschwellens. Eine Qu. zu Boulaigne in den Coyronsbergen bleibt zuweilen über 20 Jahre aus; erscheint sie aber, so fliesst sie einen oder einige Monate, selbst 1 Jahr lang, jedoch intermittirend. Ueber eine 7jährige Quellperiode s. S. 99.

Sie zeigen auch wohl ein täglich eintreffendes Versiegen, welches davon abhängt, dass die Wärme der Sonne oder der Luft nur ein vorübergehendes Schmelzen der Schnee- u. Eismassen bewirkt. Solche Qu. heissen Frühlings-, Mai- oder Sommerbrunnen. Meistens sind es keine Mineral-Qu., im Allgemeinen sind sie kalt u. arm an Salzen, zuweilen aber auch warm oder Sauerwässer. Der Anfang des Fliessens ist nach Ort u. Witterung verschieden. Oefters bleibt auch die Qu. nicht ganz zurück in der kalten Jahreszeit, sondern fliesst nur schwächer.

Ueber Maibrunnen s. *Scheuchzer Schweizerland I, 342, Itin. in Alp. I, 26, II, 404. Eine kalte Quelle zu Leuk fliesst nur von Juni bis Anfangs September, zwei Quellen im Walliser Gebiete nur von Anfang April bis in den Herbst, der Engstlerbrunn im Canton Bern, der nur von 4 Uhr Nachm. bis etwa 8 Uhr Morgens W. hat u. manchmal einige Tage ganz stockt, von Mitte Mai bis Mitte August *); zu andern Zeiten fliesst er auch wohl Morgens oder einige Tage anhaltend. Ein kleiner Bach, der vom Frühling an bis zum Herbst fliesst, am Vorgebirge des Rözliberg-Gletschers u. eine Qu. bei Ruhla unweit Eisenach gehören auch zu der grossen Zahl der Frühlingsbrunnen. Maibrunnen werden noch angegeben bei Pesquera (Spanien), ein anderer zwei Meilen von Valladolid.

Als Frühlingsquellen führt Plinius eine am Olymp befindliche auf, andere bei Messana u. Mylas in Sicilien, die im Winter ganz austrocknen u. im Sommer einen Bach bilden. Eine Qu. zu Apollonia im Pontus, die am Meere lag, strömte nur im Sommer, besonders im Anfange der Hundstage über u. floss kärglich, wenn der Sommer kühl war. Am Berg Estorbe floss eine Qu. von St. Johann Baptist Fest (24. Juni) bis Weihnachten (*Simon. Maj.). Vom halben März mit dem Frühjahräquinoktium bis zum Herbstäquinoktium oder von den Kalenden des Mais bis zu denen des Novembers fliesst eine Qu. zu Villanova (Lucius Marinus Rer. hisp. u. Ant. de Torquemada in Hexamer. colloqu.). Von Mittfasten bis Johannes (29. Aug.?) fliesst die Qu. zu Sultzbach, zwischen Lauterhofen u. Brunn, so stark, dass sie 2 Mühlgänge treibt (Seydel). Nur im Sommer laufende Qu. erwähnt Aristoteles zu Mithepolis (ad Ascaniam, 120 Stadien von Chio; Admir. c. 52). Andere Sommer-Qu. sind an der Grenze Apuliens beim Schlosse Roseti (*Symon. Majol.). Eine im Winter nur sparsam fliessende Qu. war im Salomonischen Tempel (Philo, danach Euseb. IX, c. 4). Bei Stansstadt soll eine Qu. sein, die in den drei Monaten Juni — August zweimal täglich fliesst. (Kircheri Mund. subt. VIII) Am Rande des Luzerner-See am Kopperberg sah Loret 1667 (Kircher VIII, 116) eine Qu., die den Tag nach Kreuz-Erfindung (3. Mai) hervorkommt u. am Kreuztage im Herbst (14. Sept.) verschwindet; im Jahre vorher sollte sie aber sich einige Tage verspätet haben. Von einer andern Qu., die zwischen diesen beiden Kreuztagen fliesst, spricht Cysatus. Bei Engelberg sind zwei reichliche Frühlingsquellen, die eine ganz klar, die andere milchig, die im Oktober aufhören.

Ebenso sind Frühlingsbrunnen die Schwefelquellen an der Töll bei Meran, eine solche, sehr kalte zu Egartbad im Kreise Botzen, eine solche bei Tarasp.

Die Sauerquellen von Pogronim, Kreis Werchne Udinsk, fliessen nicht beständig, sondern öffnen sich im März u. zwar nur auf 2 Monate. Sie zeigen sich zwar auch wohl im Sommer, aber viel schwächer. Wenn die Qu. nicht sprudelt,

---

*) „Ein Wasser auff dem Engstle, welches ein hoher Berg, vnnd im Argäw gelegen ist hat auch diese wunderliche art, als nemlich, das er alle zeit vmb den 10. tag Augusti gar versieget, vnnd dermassen ausstrucknet, das er aller dingen ohn wasser ist, doch kompt er den 15. vnnd 16. tag Junii allezeit wieder herfür, lauffet doch nicht allezeit vnnd stettigs, sondern nur jedes tags zweymale, nemlich morgens vnd Abends, Er fleust auss einem Felsen, vnd ist nahent darbey kein ander Wasser. Es weis aber das Rindviehe, auch andere wilde Thiere, dieses widerkommenden vnd herfliessenden Wassers zeit alle tage." Thurneysser 1612.

so ist doch ihre Spur durch eine Vertiefung bezeichnet. Ehe sie aber hervorbricht, beginnt sich das Terrain mit einer merklichen Erschütterung zu heben u. indem es nach einigen Tagen mit dumpfem Krachen auseinander geht, bildet es eine Versenkung, aus welcher das mit kohlensaurem Gase geschwängerte W. zum Vorschein kommt. *)

Thermen, die als Maibrunnen erscheinen, kannte auch bereits Plinius. (In Cydonia insula ante Lesbon fons calidus vere tantum fluit. H. N. II, c. 103) Am bekanntesten sind als solche Frühlingsthermen die sehr schwach mineralisirten Wässer von Pfeffers in der Schweiz, von denen *Wetsten (1672) sang:

Sol pater et tellus mater prius edere nolunt
Prolem, ni verno fota calore fiet.
Sed cum Flora venit, rident et gramina campi
Haec quoque de terra flumine larga venit
Donec in autumno tenero de palmite fructum
Exhibuit Liber, nostra quiescit aqua.

Diese Thermen entspringen, etwa 38° warm, aus verschiedenen, fast vom Niveau des Taminabettes bis zur Höhe von 20 F. u. darüber reichenden Spalten eines Kalkfelsens, in einer von 7000 F. hohen u. noch höhern Gipfeln eingeschlossenen Schlucht. Das Thermal-W. der obern Spalten, wo vor Jahrhunderten Badhäuser standen, ist jetzt versiegt, so dass nur in sehr wasserreichen Perioden dort W. ausfliesst; je tiefer die Spalten im Flussbette liegen, um so weniger erscheinen sie von den Schneezuflüssen der Hochgipfel abhängig. Nur in seltenen Jahrgängen flossen die Qu. auch hier nicht im Frühjahr zur gewöhnlichen Zeit oder nicht reichlich, wenn ein ungewöhnlich trockner Winter vorausgegangen, die Berge nur wenig Schnee deckte u. viele Brunnenqu. in der Gegend ausblieben; dagegen in gewöhnlich nassen Jahren aus allen, auch den obern Ritzen, gleich warmes W. hervorquoll. Hier sind Klüfte im Kalkgebirge, welche vom Schneewassser gefüllt werden. In einzelnen Jahren fliessen sie auch im Winter. Bei einem kalten oder trocknen Sommer ist die W.-Masse geringer, als bei einem feuchten, so dass man 1819 das Versiegen befürchtete. (Osann.) Wenn der Schneefall gering oder der Winter trocken war, wie in den Jahren 1781, 1800, 1819, war selbst in der Hälfte des Mais nur wenig W. vorhanden. War der Winter leicht, so fliesst die Quelle im Frühjahr schwach u. laulich. (*Scheuchzer Schweizerland.) Im J. 1856 nach schwachen atmosphärischen Niederschlägen im vorhergegangenen Winter, war erst am 25. Juli etwas W. in Ragaz (Filialbad von Pfeffers), aber es war zu kühl zum Baden. Ein so schwaches W. gehört aber zu den grössten Seltenheiten. Im J. 1631 floss das W. schon im April, 1628 sogar den ganzen Winter hindurch. Im J. 1596 lief es noch völlig im April, verschwand hernach u. kam im Juli wieder. Die obere Qu. blieb in 14 Jahren 3 Jahre (1843, 45 u. 48) ganz aus u. floss in den übrigen Jahren einige Monate, gewöhnlich vom Juni oder Juli bis Sept. oder Okt., im J. 1841 aber acht Monate hindurch; die mittlere Qu. floss zehnmal das ganze Jahr hindurch (auch 1845), im Winter gewöhnlich vom Nov. bis Febr. mit sehr verminderter Stärke; viermal darunter stieg es dann einige Monate nicht bis zur Einmündung der Leitungen. Mitte oder Ende Mai waren schon beide Kuranstalten durch die Leitungen gehörig mit W. versorgt; nie blieb die mittlere Qu. während Juni — Sept. aus. Die untere Qu. bewährte sich, so lange sie unten an der Tamina abfloss, als vollständig ausdauernd, doch war ihre Quantität wechselnd von 68 Maass in der Minute (1. Mai 1856) —373 Maass (Juni 1840). Nachdem sie zur Unterstützung der mittlern gefasst u. 11,45 Fuss gehoben worden war, bewährte sich dieser Charakter der Beständigkeit noch an der 9,7 Fuss unter der Einmündung der Leitung in die mittlere Qu. liegenden Abflussöffnung.

Nach trockenem Sommer versiegen die am höchsten gelegenen Ausflüsse der Thermen von Piätigorsk, kommen aber im Frühjahr wieder. **)

---

*) Der Säuerling von St. Moritz füllt sein Granitbecken im Spätjahr langsamer als im Sommer. Es ist hier also auch ein Beginn von Intermission.

**) Welche Umstände bei den heissen u. kalten Qu. zu Piätigorsk, besonders der Alexandrow'schen u. Jermoloff'schen Qu., welche am 25. Sept. 1853 (a. St.)

Quellen, welche täglich nur Einmal für eine kürzere oder längere Zeit fliessen, oder ihre Ergiebigkeit vermehren, beziehen ihr W. gewöhnlich aus dem in der Tageswärme schmelzenden Eise. Die Anfangszeit u. die Dauer des Fliessens richtet sich wohl gewöhnlich nach der herrschenden Witterung u. nach der Dauer des Tages.

Auf dem Aetna traf Brydone mehrere Brunnen, die nur am Tage vom geschmolzenen Schnee flossen. Eine Qu. bei Remus fliesst von Mittag bis Morgens 9 Uhr (*Gehler Physik. Wörterbuch); eine Qu. bei Brescia erscheint Nachmittags 4 Uhr mit einem kochenden Geräusche u. heftigem Zugwinde u. strömt bis Mitternacht. Der Engstlerbrunn (cf. S. 103) scheint gewöhnlich von 4 Uhr Nachm. bis 8 Uhr Morgens zu fliessen. Auf einem Berge in Peru ist die Nucquio- (oder Nacquis-?) Quelle, die Nachts fliesst, aber im Tage stille steht, wenn nicht frischer Regen gefallen ist (*Waller W.-Reich). Eine Qu. zu Gigouzac soll von Morgens 10 bis Morgens 5 exacerbiren (Paramelle). „In Tenedo insula fons semper a tertia noctis hora in sextam ab aestivo solstitio exundat“ sagt Plinius. Vielleicht hat diese, zwar einer gebirgigen Insel, aber einem milden Klima angehörige Qu. nur nach einem ungewöhnlich kalten Winter geflossen.

Wenn Qu. Mittags aufhören zu fliessen, so muss man annehmen, dass das vom Schmelzen des Schnees am vorhergehenden Tage gelieferte W. nur bis dahin ausreicht, oder dass das Quell-W. an einer Stelle abschmilzt, wohin die Sonnenstrahlen nur einen Theil des Morgens hinkommen. „Padi fons mediis diebus aestivis velut interquiescere semper aret.“ (Plin. II, 103.) Ob diese Annahme auch von der Jupiters-Qu. zu Dodone gilt, von welcher derselbe Schriftsteller Aehnliches berichtet, weiss ich nicht. Er sagt von ihr: „Idem fons meridie semper deficit, qua de causa Anapaumenon vocant. Mox increscens ad medium noctis exuberat; ab eo rursus sensim deficit.“

Quellen, die früh Morgens einige Stunden fliessen, sind auch wohl von W. gespeist, welches von einer eisbedeckten Stelle abfliesst, wohin die Sonne nur am frühen Morgen hingelangt. Zu Perigueux soll sich eine Qu. finden, die jeden Morgen um 9 Uhr für 2 Stunden fliesst. Zu Mothe-Cassel im Lot-Departement ist eine Qu., die von 10 Uhr Morgens an 5 Stunden andauert. (Die Olsa, ein Nebenfluss der Oder, kommt nach Thurneiser unweit Gleiwitz aus einem Brunnen, der Morgens 5 Uhr immer [?] trübe u. weisslich u. kälter wird; was 2 Stunden dauert, wonach dann das W. wieder klar wird. Soll hier vielleicht auch Eiswasser Zutritt finden?)

§. 34. Eingehen des zur Quellbildung dienenden Wassers in die Erde.

Occulto itinere subit terras et palam venit. Seneca.

Die Oeffnungen, wodurch das zur Qu. werdende atmosphärische W. in die Erde einzieht, sind in seltenen Fällen künstlich angelegt.

Die Ebene von Paluns bei Marseille, ehemals ein grosses Sumpfbecken, ist von König René durch grosse Senklöcher entwässert worden; das abgeleitete W.

---

um 6 Uhr Morgens plötzlich verschwanden, aber (laut offiziellen Berichts in der Stuwropoler Gouv. Ztg.) nicht nur eben so stark, sondern in noch stärkerer W.-Menge u. mit demselben Mineralgehalt wieder hervortraten, im Spiele sein mögen, weiss ich nicht genauer, da ich bei dieser Nachricht auf eine Correspondenz in der Münch. med. Ztg. 1854 beschränkt bin. Diese Qu. sind auch in frühern Jahren 1823, 1830 19. Aug., 1829 23. Febr. mit einem Knalle, wie es heisst, verschwunden u. sollen sich damals einen andern Ausweg gesucht haben (Osann), oder wohl umgekehrt, weil sie einen tiefern Ausfluss fanden, blieb der höher gelegene aus. Aehnliche Unregelmässigkeiten im Erscheinen der Qu. sind selten.

geht durch poröses Gestein u. gelangt nach dem Hafen **Mion** bei Cassis, wo es in Springquellen wieder hervortritt. Lui das Vale in Jamaika würde ein See sein, wenn das W. nicht durch Senklöcher abgeführt würde; dies W. tritt erst am jenseitigen Bergabhange hervor. (De la Beche, Geognos. 63.)

Künstlich in der Erde angelegte W.-Leitungen tragen am Lac de Joux zur Erzeugung der Qu. der **Orbe** bei, welche 680 F. tiefer als der See u. ³/₄ Lieues entfernt liegt. Jener See wird, wenn er anschwillt, durch kleine bis auf die Kalkschichten abgetäufte Schächte abgeleitet. Als ein höher gelegener, abgedämmter See in den Lac de Joux durchbrach u. diesen aufwühlte u. trübte, lieferte auch die Qu. der Orbe trübes Wasser. (De Saussure Voy. d. l. Alp., 4. éd., 309.)

Viel häufiger sind die Eingänge des W. natürlich gebildet u. entweder capillärer Art, wie in Sandschichten, Gartenerde u. dgl. lockern Erddecken oder grössern Umfanges, Erdrisse u. Felsspalten. Die Dammerde ist wenig geeignet, W. in die Tiefe durchzulassen; selbst nach mehrtägigem Regnen dringt das W. nicht leicht 1—2 Fuss tief durch eine fette Ackererde hindurch. Die Tiefe, bis zu welcher die Feuchtigkeit nach dem Regnen durchdringt, ist nach Umständen verschieden. Die Beobachtungen u. Versuche von Seneca, Perrault, Buffon, Delahyre können darum keine allgemeine Gültigkeit beanspruchen. Nach Dalton bedarf Gartenerde 2—7″ W. um bis zu 1′ vollständig gesättigt zu werden. Wo also der Regenfall einige 20 Zoll im Jahre beträgt, kann er nur wenige Fuss Erde sättigen. Der grösste Theil des auf Ackerboden fallenden Regens fliesst aber wieder sogleich davon ab oder verdunstet langsam oder wird von den Pflanzen aufgenommen, so dass für die Quellbildung im Allgemeinen wenig übrig bleibt. Doch hängt Alles von der Beschaffenheit u. Lage des Terrains ab. In vielen Grundstücken lässt sich ja aus den Drainröhren eine bedeutende Menge von W. gewinnen; das ist aber meistens an solchen Orten der Fall, zu denen das Meteor-W. noch von höher liegenden Stellen hingelangt. Wo keine Humuslage besteht, sondern die Oberfläche aus Sand u. Kies besteht, kann das W. leicht durchdringen, wie man denn auch viele Bäche u. Flüsse kennt, die sich in den Sand verlaufen. *)

Die Durchdringlichgeit der Gesteine für W. ist eine sehr verschiedene. Zwar hat man auch in den härtesten Steinen Feuchtigkeit oder gar Wassertropfen gefunden; aber ein so langsames Durchdringen des W., wie hier durch unsichtbare Poren stattfindet, vermag nicht das Material zu einer Qu. abzugeben. Die meisten Gesteine haben jedoch viele grössere Risse u. Spalten, in die das W. nicht blos durch capilläre Anziehung, sondern dem Gesetze der Schwere zufolge eingehen kann.

»Die Spaltung der Gebirgsmassen im Allgemeinen beruht auf mehrfachen Ursachen. Ausser den Spaltflächen, welche in der eigenthümlichen Zusammensetzung der Gesteine beruhen, wie z. B. die Zersplitterung der Schiefer in Plättchen nach einer bestimmten Richtung, die Schichtung der Gebirgsmassen in Folge ihres Absatzes, ist noch die feste Erdrinde durch

*) Selbst Sand lässt das W. relativ nur langsam durchgehen; er fordert an W. noch das 12Fache seines Gewichtes, um durchtränkt zu sein. Etwa 1 Stunde dauerte es, ehe von oben her zugeleitetes W. 1,5 M. tief in feinkörnigen Sand eindrang. (Pappenheim.)

eine Menge von Spalten durchkreuzt, u. zwar in solcher Häufigkeit, dass vielleicht auf der ganzen Erde kein unzerspaltener Felsblock gefunden werden dürfte, aus welchem man einen compacten Würfel von 3 Metern Seitenfläche hauen könnte. Es gibt freilich, wenn auch nur sehr beschränkte Localitäten, wo man Obelisken von bedeutender Länge gewinnen kann, allein an diesen Orten ist das Gestein in gewaltige Blätter durch parallele Spalten zerlegt, u. es lässt sich wohl eine schmale Säule von bedeutender Länge, nicht aber ein würfeliger Block gewinnen.« (Vogt Geol. II, 279.) Dennoch sind diese Spalten nicht immer zur Quellbildung geeignet, nämlich dann nicht, wenn sie nicht in Zusammenhang miteinander stehen. Sind sie nur klein, so kann sich wenig W. in ihnen ansammeln u. das Durchlaufen u. Austreten des W. sind dann oft nur von kurzer Dauer. »Die Risse, die Spalten der granitischen Gesteine, die Kluftflächen, welche die aneinander liegenden Massen trennen, haben im Allgemeinen nur eine geringe Tiefe u. Breite, u. stehen selten miteinander in Verbindung. In den primitiven Formationen kann also das eingesickerte W. nur sehr beschränkte unterirdische Gänge finden ... es zeigt die Erfahrung, dass in derartigen Gesteinen die Quellen sehr zahlreich sind, aber nur wenig W. liefern u. dass sie in geringen Entfernungen von der Gegend, wo die Regenwasser eingedrungen sind, zu Tage kommen.« (*Fr. Arago.)

Als wasserdurchlassende. nicht geschichte Terrains führt Paramelle gewisse Gneiss-Arten, Glimmerschiefer, Serpentine, Trappe, gewisse Kreide u. Gypse auf. Als geschichtete Terrains, die in ihren Spalten das W. aufnehmen, aber nennt er Sand u. Kalksteine u. feste Kreide. Unter den festen Gestein-Arten sind es vorzugsweise die Kalke, welche dem W. durch mehr oder minder grosse Aushöhlungen den Durchtritt gestatten; z. B. dringen an den französischen Küsten in allen Höhen aus den vertikalen Wänden des Kalksteins Quellen hervor, die unmittelbar nach dem Regen stärker fliessen.

Häufig liegen grosse Gebirgsspalten offen. *) Die Natur hat auch nicht selten Schächte angelegt; sie sind meist lothrecht, ihre Wände bald glatt, bald senkrecht oder spiralförmig gefurcht, als wenn sie durch W.-Wirbel ausgespült worden wären. Sehr häufig sind dergleichen nach unten gehende Aushöhlungen auch nur das Werk der combinirten mechanischen u. auflösenden Kräfte des Wassers. Schlünde u. trichterförmige Höhlungen liegen gewöhnlich an Bergabhängen, oft auch auf den Plateaus; sie sind in der Regel mit Sand, Kies, mit Geschieben oder grössern Steinen ausgefüllt, ohne darum aufzuhören, W. durchzulassen.

Die durch Erdfälle oder in anderer Weise gebildeten oberflächlichen Höhlungen vermitteln eine Communication der Oberfläche u. der Tiefe nicht selten nach zwei Richtungen hin; es zieht nicht blos das oberirdische W. in sie hinein, sondern wenn das Unterwasser überwiegend ist, strömt dieses aus denselben Oeffnungen hervor, in die das Oberwasser zu Zeiten hineinfällt.

---

*) Einen sonderbaren Spalt sieht man bei dem Feen-Brunnen am Balassu bei Romilly in Savoyen. Dieser Berg ist nämlich in seiner ganzen Höhe zerrissen u. in den sich nach oben verengenden Spalt ist ein Granitblock eingeklemmt.

Man findet im Jura viele solche Schlünde, die mit unterirdischen Höhlen in Verbindung stehen. Der sogenannte kühle Brunnen von Froté bei Vesoul ist dadurch merkwürdig, dass er nach starkem Regen überläuft u. alle Felder überschwemmt; er hob so im J. 1557 durch eine schnell entstehende Ueberschwemmung die Belagerung der Stadt Vesoul auf. Der Ornansbrunnen zeigt dasselbe Phänomen, spült indessen bei seinem Ueberlaufen viele Fische aus. Der schwarze u. weisse Brunnen in der Nähe der Ruinen von Antres im Jura sind eine Art sehr tiefer Schlünde, aus denen das W. nach heftigem Regen oder wenn der Schnee schmilzt, in Strömen fliesst. Im Bezirke von Livière bei Narbonne gibt es 5 ausserordentlich tiefe Schlünde Oeliols (Augen), die mit einem unterirdischen, sehr fischreichen W. communiciren. Das Erdreich zittert unter den Füssen der dreisten Landleute, die durch den Fischfang angelockt werden.

In regenarmen Ländern, wie der nordamerikanische Westen zwischen dem Bravo del Norte u. den californischen Cordilleren, spielen nicht blos periodische Flüsse, „Stein- u. Seltenbäche" eine hervorragende Rolle, sondern sind auch Wasseraugen, wie verschiedene Völker, z. B. Slaven, Wallachen u. Spanier, sie bezeichnen, etwas Gewöhnliches. A. Schott (Ausland 1862).

Sehr selten kann man von einzelnen kleinen Qu. den Ort genau angeben, wo das Meteor-W. seinen unterirdischen Verlauf beginnt. *) Aber oft kann aus dem gegenseitigen Verhalten der Quellen u. naher oberirdischer W.-Ansammlungen geschlossen werden, dass jene von diesen ausgehen. Cf. §. 26. **)

Das Versinken der Flüsse ist in sandigen Gegenden nichts Seltenes; auch wenn Flüsse über ein nacktes, zerklüftetes, felsiges Terrain wegfliessen, gehen sie theilweise oder ganz in die Erde hinein u. kommen dann oft auch wieder an tiefern Stellen zu Tage, dort wo die wasserdichte Schicht, über welche sie unterirdisch fliessen, oder die Schlünde auslaufen. So fliessen die Rhone u. die Maas (welche bei Lazoilles in die Erde geht u. erst 1½ Stunden weiter hervortritt) eine Strecke unter der Erde fort u. kommen dann wieder zum Vorschein. Ich nenne auch die Drome, welche auf einem Kalksteinhügel etwa 1 Myriameter vom Meere entfernt verschwindet, mit Ausnahme einer Menge

*) Aus den unzähligen Beispielen von Qu., die ihren Ursprung den Gletschern verdanken, erwähnt Bischof 4 starke Qu. von 3°—3°4, welche 40 F. tiefer als das untere Ende des obern Grindelwald-Gletschers hervorkommen, dann auch die zahlreichen Qu. bei Grindelwald u. den periodischen eiskalten starken Liebfrauen-Brunnen bei Leuk, der so lange fliesst, als das W. des Lötsch-Gletschers über einen gewissen Felsen herabstürzt; hört das W. gegen Ende August auf dies zu thun, so verschwinden auch nach 3 Tagen die Qu., die beim stärksten Fliessen aus 5 Oeffnungen hervorkommen. — Die Qu. von Nimes wächst binnen wenigen Stunden beträchtlich an, wenn es 2 geographische Meilen von da in der Richtung von NW stark regnet, so dass dann ihre Ergiebigkeit von 145 Gallonen auf 1100 ohne besondere Aenderung der Temperatur steigt.

**) Bei Colle Fiorito u. Seravalle unweit Rom bildet sich aus dem Winterregen ein in der Ebene stagnirender Teich, der im Sommer trocken wird. Es ist da ein Schlund, der das W. unterirdisch abführt u. einen Bach bildet, aber aufhört, sobald der Teich leer ist. (Kircher.) „Vidi et ego, ex Lacu montis Cimini in Hetruria (quem vulgo il Lago del Vico nominant), in altissimo loco constituto per subterraneas meatus Roncilione rapidissimum flumen erumpere, aliosque tres lacus vicinos inde derivari." (Kircher.) (Der See von Enghien wird alle 3 Jahre entleert, dann hören alle dortige Schwefelquellen auf zu fliessen; sei es, dass ihnen kein W. zufliesst oder dass es zum See hingeht, wo jetzt der Gegendruck fehlt.)

bei der Ebbe sichtbarer sprudelnder Qu., die man ihrem unterirdischen Laufe zuschreibt. Auf der Insel Oesel in der Ostsee finden sich viele Erdlöcher, womit das Verschwinden der Flüsse in dieser Gegend u. ihr unterirdischer Lauf zusammenhängt. Ein aus dem See Ochtias kommender Fluss, der etwa $^3/_7$ Meile vom Meere in ein Loch hineinfliesst, kommt unfern des Meeres mit starkem Strome wieder hervor; das Gestein ist dolomitischer Kalkstein. Gewöhnlich sind es auch die vielen Höhlungen des Kalkes, worin die Flüsse sich verbergen. Zwei Bäche stürzen sich bei Görz im Kalkgebirge in Erdlöcher; die am Monte Santo im Bette des Isonzo sprudelnden Qu. entstehen wahrscheinlich aus diesen Bächen. Unter Altenbecken trifft man im Kreidegebirge Klüfte an, in welche man mit geringer Mühe den grössten Theil des Baches leiten kann u. in welche er, wenn er sehr angeschwollen ist, grösstentheils von selbst abfliesst. Zwischen Alten- u. Neuenbecken finden sich mehrere solcher Spalten; unterhalb des letztern Ortes versiegt so die Becke gänzlich. Die Aa, Sauer, Altona, Afte, Alme versinken in gleicher Weise ganz oder theilweise. Ein Bach in Hessen, der Klausborn. versinkt in die Grauwacke, um an einer tiefern Stelle viel verstärkt wieder hervorzukommen. Ein kleiner Strom, der eine Mühle zu treiben im Stande wäre, bei Sonoyita in Sonora (westl. Nordamerika) beginnt nach einer Viertelmeile Entfernung unterirdisch zu laufen, tritt zwar noch einigemal zu Tage, verschwindet aber gänzlich, sobald er den krystallinischen Wüstensand erreicht. (A. Schott.)

Die letzte Hügelreihe am westlichen Abhange des Teutoburger Waldes besteht aus Kreidemergel, der auf Quadersandstein auflagert; beide Gesteine sind sehr zerklüftet. Die Schichten des Kreidemergels fallen gegen die westphälische Niederung sanft ab. Durch grosse Spalten, welche gewöhnlich $1^1/_2$ F. von einander abstehen, wird der Kreidemergel in Rhomboëder zerlegt; meilenweit kann man diese Zerklüftungen, die von häufigen, das W. aufnehmenden Erdfällen begleitet sind, verfolgen. Die freistehenden Externsteine (Felsen bis zu 125 F. Höhe) sind mit ihren zahlreichen, vom W. abgerundeten u. erweiterten Durchklüftungen, die theils von oben nach unten reichen, Zeugen, dass auch der Quadersandstein keine wasserdichte Schicht bildet. Diese u. mehrere andere darunterliegende, nicht wasserdichte Gesteinsschichten fallen gegen die westphälische Niederung ab u. bedingen dadurch den Wasserlauf nach dieser Richtung.*) Auf diesem so durchlöcherten Gebiete sieht man sechs (eben genannte) zum Theil bedeutende Bäche u. kleine Flüsse grossentheils oder theilweise verschwinden. Die Linie des Hervorkommens aller dieser verschwundenen Gewässer läuft am Fusse des Bergrückens des Teutoburger Waldes u. der Haar von Lippspringe nach Paderborn, Elsen, Salzkotten, Gesecke, Erwitte etc.. Zu Lippspringe kommen die mächtigen Qu. des Jordans aus drei Klüften hervor; ausserdem die Qu. der Lippe, die unmittelbar mit etwas mehr als der Hälfte ihres W. eine Mahlmühle mit 3 Mahlgängen

*) Der höchste Punkt des Gebirgsrückens zwischen Paderborn u. Hessen-Kassel, wo man keine Brunnen mit W. antrifft, liegt 826 F. über Paderborn; in dieser Tiefe wäre auch auf dem Bergrücken sicher W. anzutreffen; zur nassen Jahreszeit auch schon 400 F. weniger tief, in welchem Niveau die Aa sich mit der Sauer vereinigen.

treibt. Noch merkwürdiger sind die grossen W.-Massen, die zu Paderborn entspringen; ihre Zahl soll 130 betragen; sie bilden einen ansehnlichen Fluss, die Pader, deren verschiedene Arme nicht weniger als 14 unterschlächtige Räder der Stadtmühlen neben einander in Bewegung setzen. Diese sämmtlichen Quellen kommen in einer Strecke von Ost nach West hervor. *)

„Subsidet in Atinati agro fluvius XX miliariorum itinere, mox in conspectum redit. Lycus item in Asia, Erasinus in Argolica, Tygris in Mesopotamia, Rheni et Danubii pars quibusdam in locis absorbentur. Euleus amnis ortus in Medis (eodem Plinio teste) **) medio spatio cuniculo conditus, rursus exortus se fundit in Parthos. Ana, qui Guadiana hodie dicitur in Hispania X leucas, et Fucinus lacus in Marsis subsident. Et e Coriceo Ciliciae specu ingenti ore ortum fluvium, brevi itinere se cuniculo condere, occultisque latebris in mare exonorare, author est Strabo. Qui et Orontem meminit in Syria inter Apameam et Antiochiam hiatum irrumpere, quem Charybdim appellant et rursus ad XL stadia excurrere.“ (Bacc. I, 2.) Nach Pausanias entstand der hier erwähnte Erasinus aus der bei Korinth verschwindenden Stymphalis u. bildete das W., welches im Pheneatischen Gebiete in Erdhöhlen hineinging, die Qu. des schönen Ladon (l. VIII). „In Alpibus non infrequenter ex inaccessis montium verticibus ingentes catadupae evolvuntur, quae tamen mox in scopulosis vallibus clausisque montium crepidinibus absorptae alibi exitum sibi parant.“ (Kircher.)

Das Eindringen des W. in die Erde ist aber auch in der That nachweisbar in den natürlichen u. künstlichen Aushöhlungen unter deren Oberfläche. In der von Pausanias bewunderten Corycischen Höhle waren nicht blos Quellen, sondern noch mehr W. floss von der Decke u. drang durch den Boden. So ist es in den meisten grössern Höhlen; es träufelt meistens W. von oben hinein, wie auch die häufigen Sinterbildungen der Höhlen beweisen. In den Bergwerken, die nicht mit einer wasserdichten Schichte überdeckt sind, findet man die Schächte u. Stollen stets vom herabträufelnden W. benässt; besonders findet dieses Durchsickern aber in kalter Jahreszeit nach Regengüssen Statt u. wird oft noch lange Zeit nach dem Regen oder nach dem Abschmelzen des Schnees bemerkt. In den Bergwerken von Cornwallis hat man beobachtet, dass die Qu. je nach den Zeiten der reichlichsten oder spärlichsten Regenmenge früher oder später je nach ihrer Tiefe ihre Maxima u. Minima erreichten.

Wie gross die Mengen von W. sind, welche manche Bergwerke zu gewältigen haben, wobei freilich nicht blos das direkt von oben kommende, sondern auch das aufquellende W. in Anschlag kommt, mögen folgende Beispiele zeigen. Die westphälischen Gruben Hannibal u. Constantin im Kreidegebirge haben jede Minute, jene 75, diese 150 K.F. W. zu fördern. Die Steinkohlengruben des Wurmreviers

*) „In Westphalen, der Bischofflichen Statt Palborn under dem Thumstifft, entspringt der Wasserreich fluss die Bader, vnd nimpt einen anlauff bey dem 9. grad, an einer vnseglichen tieffen gegent des Erdtreichs, mit 69. Aderen herfür quellent, Es samlet sich dis wasser jnnerhalb 80. schritten zusammen, in mittel der Statt, vnnd fleust mit starckem lauff der Stattmawr zu. Was aber für Mülen, Walcken, Schleiffmülen vnnd andere Reder dieser fluss treibt, auch gleich jnnerhalb der Statt schöne Forhen darinnen, deren ich eine bey dem Thumprobst, einer vnglaublichen grösse gesehen hab, ist nit zu sagen.“ (Thurneysser.) Auch Kircher erwähnt diese merkwürdigen Quellverhältnisse von Paderborn: „In Westphalia non procul a Lichtenau fluvius absorptus sub ipso cathedralis ecclesiae Paderbornensis fundo erumpens, inde per triplicem rivum in Lippiam deponitur.“

**) Plin. H. N. II, c. 103, wo auch noch der Timavus genannt wird.

müssen zusammen 150 K.F. W. in der Minute wegbringen. Beim Bergbau im Kalkstein des Stolberg-Eschweiler Reviers kommen nach Baur's Angaben folgende W.-Massen zum Vorschein. Bei einer Versuch-Arbeit auf der Grube Gute Hoffnung in 360 Lachter Entfernung vom Bach-Thale, 5 Lachter über diesem Thale u. 4 Lachter unter dem natürlichen Wasserstand, betrugen die Zuflüsse schon 60 K.F. per Minute. Auf der Grube Aachener Herrnberg, wo der natürliche Wasserstand etwa 2 Lachter über der Sohle des nahen Bachs lag, betrugen die Zuflüsse in 20 Lachter Teufe unter dieser Sohle 100 K.F.. Auf der Grube Diepenlinchen betrugen sie bei einer Teufe von etwa 60 Lachtern 150 K.F.. Die Grube Büsbacher Berg ergab schon bei einer Teufe von nur 12 Lachtern 120 K.F.. Auf der Grube Breiniger Berg flossen 320—350 K.F. per Minute. Aehnliches findet bei den andern in Kalkstein liegenden Gruben um Aachen statt. 100 K.F. in der Minute machen etwa 1½ Millionen K.Meter im Jahr.

§. 35. Wasserdichte Schicht als Bedingung der Quellbildung.

Zur Quellbildung gehört nicht blos ein Hineingehen des W., sondern auch ein Aufhalten desselben, damit es nicht zu sehr in die Tiefe sinke, von wo es nicht mehr als Quellwasser zur Oberfläche oder in Brunnenräume gelangen könnte. Dazu ist eine wasserdichte, impermeable Erdschichte nöthig, auf welcher es verläuft oder sich sammelt. Eine der verbreitetsten wasserdichten Lagen ist der Thon. *) »Der Thon bildet die Umhüllung der ganzen Erdmasse; die ersten Bette desselben sind unmittelbar unter der Gartenerde, so wie unter den Kalkbäncken, denen sie zur Unterlage dienen. Auf dieser festen u. compakten Lage vereinigen sich alle W.-Adern, die durch die Felsspalten hindurchziehen oder durch die Gartenerde filtriren. Die durch das Gewicht der obern Schichten zusammengedrückten Thonlagen, an sich schon sehr dick, werden fürs W. undurchdringlich. Kein W., was auf sie gelangt, durchdringt sie, sondern folgt der abhängigen Stelle u. bildet Qn. zwischen der ersten Thonlage u. der letzten Felsbank.« (Buffon.) Auch andere Erdschichten u. Gesteine können die Rolle der wasserdichten Unterlage übernehmen, sowohl solche der secundären u. tertiären Periode als Primitivgesteine. Wenn sie auch nicht völlig wasserdicht sind, können sie es doch relativ sein u. durch ihre Spalten nach unten weniger W. abfliessen lassen, als sich über ihnen ansammelt. Nicht selten wird beim Brunnenmachen durch Verletzung dieser wassertragenden Schicht die Ansammlung des W. im Brunnenraume unmöglich. *Livingstone erzählt von Brunnen im südlichen Afrika, die ihr W. zwischen weichem Sand u. unvollkommen gebildeten Sandstein haben; zerstösst man die harte Sandschicht, so läuft das W. weg; diese Brunnen liegen gewöhnlich in Vertiefungen ehemaliger Flussbette. Wo die wasserdichte Schicht tief liegt, sammelt sich auch das W. erst an dieser tiefen Stelle. Ein anschauliches Beispiel der tiefen Lage der undurchdringlichen Schicht bieten die Höhlenbrunnen in Yucatan. Der dortige aus Kalkfelsen bestehende Boden leidet an W. den empfindlichsten Mangel. In der heissen

---

*) Eine Thonschicht von 2 Centimeter widersteht schon dem Drucke einer 1,5 M. hohen Wassersäule. Eine Schicht trockenen, feingepulverten Thons durchtränkt sich langsam mit W. u. es vergehen Stunden, ehe das W. von oben zu 10 Centimeter weit vordringt. Der Thon wird etwas wasserdurchlässig, wenn er mit dem eilffachen Gewicht mittelfeinen Sand vermischt wird. (*Pappenheim.)

Jahreszeit müssten neun Zehntel der Einwohner verschmachten, fänden sich nicht im Grobkalkstein verschiedener Distrikte tiefe, viel verzweigte Höhlen, an deren Sohle das klarste, kühlste W., theils aus tiefern Schichten hervorquillt, theils in natürlichen Becken sich ansammelt. Die Einwohner müssen auf Leitern durch künstliche u. natürliche Schachte zu diesen Qu. hinabsteigen u. ihren Bedarf aus einer Tiefe von mehr als tausend Fuss holen. (Stephens Erheiterungen 1847.) Das Dasein der natürlichen Schachte weiset auf eine ausserordentliche Zerklüftung des dortigen Bodens hin, welche das tiefe Versinken des W. möglich macht. Die tiefe Lage der wasserdichten Schicht zeigt sich auch darin, dass man 1300 F. vom Ufer dieser Halbinsel im Meere Süsswasserquellen antrifft, Bocas de Conil genannt, welche gewiss auf dieser Schichte verlaufen. Wie die Tieflage der wasserdichten Unterlage, so kann auch eine zu grosse Neigung derselben der Ansammlung des W. ungünstig sein.

Die Folgen einer zu grossen Zerklüftung zeigen sich in den sogenannten trockenen Dörfern auf dem Gebirgsrücken zwischen Paderborn u. Hessen-Cassel, die fast gar keinen Brunnen haben. (Cf. S. 109.) Wegen der vielfachen Zerklüftungen des aus Trass u. vulkanischen Schlacken bestehenden Bodens ist auch die Umgegend von Neapel arm an kalten Quellen. Aehnliche Ursachen bewirken den Mangel an Quellen in Rom u. in Jerusalem. Auf dem Aetna u. den Aeolischen Inseln sind die Qu. sehr selten, weil der Regen von Tuff u. Schlacken aufgenommen wird u. keinen Thon- oder Steinboden antrifft. Spallanzani schildert lebhaft die traurigen Folgen eines solchen W.-Mangels, wie er sie auf seiner Reise zum Aetna beobachtet hat. Nachdem es 9 Monaten nicht geregnet hatte u. die Cisternen erschöpft waren, sah er das bis 10 Meilen herangekommene Volk an den wenigen noch fliessenden Qu. in einer schrecklichen Hitze umherlagern (*Voyag. I.).

»Wie ungemein wichtig die Natur der Gebirge für die Quellenbildung u. dadurch für die Vegetation ist, zeigt am deutlichsten der Karsch, ein Theil der südöstlichen Abzweigung der grossen Alpenkette, welche wie eine grosse Riesenmauer Italien gegen Norden begrenzt u. von Deutschland, der Schweiz u. Frankreich trennt. Während man in den Alpen eine grosse Verschiedenheit der Gesteinbildungen antrifft, besteht der Karsch aus einem einförmigen grauen Kalkstein, dessen Oberfläche durch viele trichterförmige Einsenkungen unterbrochen u. dessen Inneres von zahlreichen Grotten u. Höhlen durchsetzt ist. Ueberall auf dieser Hochebene herrscht grosser Mangel an Quellen u. Brunnen; das Regenwasser verschwindet sofort durch die unzähligen Spalten, trichterförmigen Vertiefungen u. die Eingänge der Grotten u. Höhlen. Auf der Oberfläche findet sich kein anderes W. als Regenwasser, das die Bewohner in Cisternen sammeln. Dagegen sind die Höhlen u. Grotten, unter denen die Adelsberger Höhle u. die von Corneal u. Canzian die bekanntesten u. grössten, reich an Seen u. Flüssen. Während die Alpen wegen ihres Reichthums an Quellen durch üppige Weiden geziert sind, bedingt der Wassermangel auf dem Karsch einen sehr kümmerlichen Pflanzenwuchs. . . . . Die ganze Hochebene ist deshalb nur schwach bevölkert u. der Armuth verfallen.« (Bär Chem. d. prakt. Leb. 1858.)

Vulkanische Gesteine (namentlich Asche, Sand, Laven) sind der Quellbildung überhaupt wegen ihrer porösen Beschaffenheit u. häufigen Zerstörung sowohl als wegen des Mangels an Schichtung nicht günstig.

§. 36. Einfluss der Richtung der wasserdichten Schichte und der Gesteinspalten auf die Quellbildung.

Es kann nichts zur Quellbildung beitragen, dass das W. der Erdoberfläche in die Erde hineingeht, wenn es nicht von einer wasserdichten Schichte zu einem tiefern Punkte hingeführt wird, wo das W. als Qu. einen Ausweg findet. Ist die wasserdichte Gebirgslage nach einer Seite abschüssig, so fliessen die W. dieser Neigung entsprechend den Schichtenenden zu. Daher trifft man so häufig viele u. wasserreiche Qu. an einer Seite des Gebirges, während sie an der entgegengesetzten fehlen. Wo solche Schichten ausgehen, etwa an entblössten Felswänden oder in Steinbrüchen, trifft man oft die Qu. reihenweise an. Auch warme Quellen finden sich nicht selten, wo eine sedimentäre oder vulkanische Schichte ausgeht.

Eine Reihe von Schwefelquellen liegt längs dem Ausgehenden der Liasformation in Würtemberg. In einer Gypslinie finden sich die Qu. von Lavey u. Leuk u. von Naters in Oberwallis, die Salzquellen bei Schuols u. gegenüber bei Tarasp. Längs der Streichungslinie einer Gypskette liegen die Schwefelqu. bei Bex, in den Ormonds, in Lavenen, an der Lenk, im Thale von Adelboden, bei Frutigen u. Leissigen. Dem Gypswall zwischen Wolga u. Ural folgt eine Menge Schwefelquellen. Im Drome-Departement erstreckt sich der Gyps parallel der Richtung des Ventärberges; auf der Verlängerung dieser durch Erdfälle angedeuteten Linie finden sich 2 reiche M.Quellen.

Der Mangel an Qu., der in dem Thale von Stuttgart so fühlbar ist, hat seinen Grund in der Schichtenstellung dieses Erhebungsthales. An seiner Aussenseite kommen in der Richtung des Schichtenfalles viele Qu. hervor. Da, wo die Schichten horizontal oder selbst gegen den Thalgrund geneigt sind, treten auch Qu. auf, deren W. nach Stuttgart geleitet wird.

Bei der grossen Regenmenge am Cap ist die Armuth an Quellen auffallend. Barrow erklärt diese Erscheinung durch die Annahme, dass alle zusammenhängenden Gebirgsketten Afrikas aus Sandstein bestehen, der dem Granit unmittelbar aufgelagert ist. Wo der Granit sich ganz heraushebt, ohne Bedeckung von Sandstein, da sollen häufige Qu. sein, welche ihr vieles W. aus der ungeheuren Masse des aufliegenden Sandsteins erhalten, der das atmosphärische W. bis auf den Granit durchlässt. Wo aber der Granit mit der Sandsteinbedeckung unter dem allgemeinen Niveau des Landes hinabsinke, da fehle es an Qu. u. das W. gehe in unterirdischen Strömen in das Meer.

In allen Schichten, deren Neigung über 45° beträgt, hat man keine Hoffnung noch Quellen zu finden; sie sind alle von selbst hervorgetreten. Alle nicht geschichteten Felsen, die von vertikalen Spalten durchzogen sind (Porphyr, Trapp, Grauwacke etc.) lassen keine neuen Qu. erwarten. Ebenso verhält es sich mit den Felsen, die zwar geschichtet, aber in rechtwinkelige Blöcke abgesondert u. gespalten sind u. mit Trümmergestein. (Paramelle.)

§. 37. Aufenthalt des Wassers in der Erde.

Aiunt habere terram intra se cavos recessus. Seneca.

Wenn zur dauerhaften Unterhaltung grosser Quellen grosse W.-Massen vorausgesetzt werden müssen u. wenn diese nicht oberirdisch liegen (wie das

Bett der Meere, der See'n, Flüsse, Bäche), so muss sich das W. in unterirdischen Räumen ansammeln, um beim Nachlassen des Meteor-Niederschlages dennoch fortquellen zu können. Für das Dasein solcher Hohlräume sprechen schon die mannigfaltigen Durchbrüche, welche die Erdrinde erfahren hat. Wenn vulkanische Ergüsse oder Erhebungen stattfanden, die von einer Entwicklung oder Volumens-Vermehrung von Dämpfen oder Gasen veranlasst wurden u. wenn dann diese Dämpfe u. Gase sich allmälig abkühlten u. die glühende Erdmasse ihr Volumen beim Abkühlen verkleinerte, so entstand neuer Raum für eine W.-Ansammlung. Es gibt aber ja viele unterirdische, von aussen zugängliche Höhlungen, in denen sich gewöhnlich auch W. befindet u. die sehr oft grade durch die Gewalt des W. erzeugt worden sind. Ein bekanntes Beispiel ist die, eine Meile weit sich erstreckende Adelsberger Höhle, worin der Fluss Poik sich wiederholt verliert u. worin man einen grossen See auf einem Kahne überfährt. Eine im Jurakalkstein liegende Höhle im Thale Caripe in Süd-Amerika ist ein Gewölbe von 72 Fuss Höhe, 80 F. Breite, das sich über 2400 Fuss weit hineinerstreckt; diese Höhle wird von einem Bache durchströmt.

Es liessen sich sehr viele derartige Höhlen aufzählen.

„Quae sane spatia, intervacuaque terrae plerisque in locis aperte patent: in aliis subdita sentiuntur, ut exemplo testatur Plinius, in Gabinensi agro non procul ab urbe Roma, qua hodie Tyburtinae lapidicinae sunt, ubi suspenso quasi solo, terrae tremunt, iugera ferme CC equitantium cursu. Similiter (inquit) et in agro Reatino, qui hodie vocatur Campus Pensilis XI mill. pass. a Reate, ubi tellus dimidio fere unius milliarii, quasi aquis suspensa, ad ingressum tremit. Item Tartessus, quae et Carteia, civitas in Hispania iuxta Gades a subterraneis cavernis quasi Tartarus dicta est, Strabone et Mela testibus. Sicilia maxime et Italia, tota tellus breviter cavernosa est, ubi plus, ubi minus. Multis in locis et manifeste videre est, ex variis quae visuntur accidentibus, quorum ipsa intervacua sunt caussae.“ Bacc. I, 2.

Das Bestehen von grössern Hohlräumen in der Erde wird auch oft durch das Einfallen des Bodens, welcher die Decke dieser Höhlen bildet, angedeutet. Die meisten Erdfälle zeigen sich im Kalkgebirge, z. B. auf der Hochebene des Teutoburger Waldes u. der Haar, auf der Gemmi in der Schweiz, in Krain u. in Dänemark.

Im nördlichsten Theile der Kreideformation von Dänemark leiten die Landleute die Abzugskanäle ihrer Felder in die trichterförmigen Vertiefungen der dort zahlreichen Erdfälle, worin das W. selbst nach Wolkenbrüchen u. dem Schneeschmelzen sogleich verschwindet; der dort gelegene Norsee entleerte sich vor einigen Jahren durch einen in seinem Grunde gelegenen Erdfall.

»Fast alle Höhlen Englands kommen in Kohlenkalkstein vor, in dessen Gebiete auch nicht selten Flüsse u. Bäche plötzlich verschwinden oder hervortreten. Berühmt sind die Höhlen von Ingleborough u. Castleton, die in der Gegend von Bristol, wo auch spaltenähnliche Schluchten den Kalkstein durchschneiden u. viele Bäche von unterirdischen Schlünden (den sog. swallow-holes) verschluckt werden, sobald sie aus dem Gebiete des Old-red-sandstone in das des Kohlenkalksteins eintreten. In anderen Gegenden strömen die Bäche mit voller Wassermenge aus Höhlen hervor, wie z. B. der Bach Lwchwr in Südwales.« (Naumann II, 463.)

In Frankreich zeigen die Kalksteinplateaus der Departements des Doubs, der Haute-Saône u. des Jura ganze Reihen kesselförmiger Einsenkungen, in welchen sich das Regen-W. sammt dem fortgeschwemmten Sand u. Gerölle verliert; daher sie nothwendig mit unterirdischen Höhlen in Verbindung stehen müssen. Oefters kommt das verschwundene W. tiefer im Thale wieder hervor. *)

In der Auvergne erfolgte einmal ein langsames Versinken des Bodens in einer Ausdehnung von etwa 150 Morgen.

Unzählige Erdfälle finden sich in den Kalksteingebirgen von Krain, Illyrien, Croatien, Dalmatien, bisweilen wohl mit einem Durchmesser von 2000′. Im Dachstein- u. Priel-Gebirge in Oberösterreich u. bei Blansko in Mähren, wo ein 480′ tiefer Schlund liegt, sind Erdfälle sehr gewöhnlich. In Gypsregionen, namentlich in Thüringen, sind sie sehr häufig. Man sieht mehrere der See'n in Thüringen (auch einen grossen Salzsee bei Salzungen) als die Folge solcher Erdfälle an. Um Pyrmont u. Liebenstein finden sich einige Erdfälle.

In einem grossen Kalkstriche Jamaicas wird alles W. der tropischen Regen von unzähligen Löchern aufgenommen; hier u. da sieht man aus dem Gesteine einen kleinen Fluss hervorströmen.

Die Erdfälle sind das gewöhnliche Resultat der Auswaschungen des Bodens durch die Wässer. Namentlich geschieht dieses, wo Gyps vom W. gelöst u. fortgeführt wird.

Wenn man den Raum berechnet, den die jährlich von einer der stärksten Thermen gespendete W.-Menge bedurfte, wenn sie im Erdinnern angesammelt war, so erscheint er nicht sonderlich gross. Reicht doch ein leerer Platz von 100 F. Länge, Breite u. Höhe, der für geologische Verhältnisse klein zu nennen ist, schon zur Ansammlung einer W.-Masse von 1 Million K.F. (330000 K.M.) aus, worin sich alles W. von Lavey für ein Jahr unterbringen liesse. Stände uns ein 1000 K.F. nach 3 Seiten weiter Raum zur Verfügung, so könnte man 100 Jahre lang, alles W. von Baden-Baden hineinleiten, bis er gefüllt wäre. Ohne Zweifel ist auch in den unterirdischen Höhlen u. Lücken zwischen den Gesteinen, woraus die M.Qu. hervorgehen, das W. oft für viele Jahre beisammen; sonst könnten sie nicht so gleichförmig im Salzgehalte sein, wie sie sich gewöhnlich erweisen.

Das W. muss sich schon seit Jahrtausenden durch Wegspühlung u. Auflösung solche Räume geschaffen haben. Abgesehen von den Fällen, wo es durch Volumvermehrung der von ihm veränderten Erdarten den Raum verkleinert, bringt es durch die Auflösung bedeutende Mengen an die Oberfläche. Die Soolquelle zu Artern z. B. führt jährlich etwa $1^1/_4$ Mill. Zentner Rohsalz der Unstrut zu u. spühlt also in 1 Jahre schon eine Höhlung von 100 K.F. aus, die sich zu gleicher Zeit mit W. anfüllt. Der Bohrloch-Schacht

*) „Les cours d'eau, qui s'engouffrent dans les bétoires (Erdfälle) sont extrêmement nombreux en France. Quiconque voudra continuer de suivre le vallon dans lequel le cours d'eau disparait, et, si le vallon s'efface, marcher dans la direction qu'indiquent le cours d'eau visible et la pente générale du terrain, peut être assuré de trouver, plus ou moins loin, le débouché du cours d'eau qui a disparu et de le voir considérablement augmenté.“ (Paramelle.)

zu Dürrenberg führt 1¾ Mill. Centner Salz der Saale zu u. wäscht also jährlich einen noch grössern Raum aus. Der Bülow-Brunnen zu Neusalzwerk u. die nahe Soole zu Salzuffeln schaffen sich jährlich den Raum eines Würfels von 92 F. Seite durch die Auflösung des Salzes. Was die Soolen in grossem Maassstabe schnell bewirken, bringen die weniger salzreichen Qu. in längerer Zeit zu Stande.

Ausser den Salzen bringt die Neusalzwerker Soole aber auch etwa 28000 Centner Kohlensäure jährlich mit hinauf. Soll ein K.F. fester Kohlensäure vor der Entwicklung auch 1 Ctr. wiegen (was gewiss nicht der Fall ist, da Arragonit mit 44 % Kohlensäure nur 2,148 spez. Gewicht hat), so würden immerhin 28000 K.F., einen Würfel von 30 F. Seitenkante bildend, schon durch die Gasentwickelung ausgehöhlt. Wenn aber eine solche Qu. von der Reichhaltigkeit des Neusalzwerker artesischen Brunnens, welcher jährlich nur einen Würfel Salz von etwa 80 rh. F. Seite ausspült, seit Christi Geburt bestanden hätte, so würde sie jetzt im Innern der Erde etwa um 1000 Mill. K.F. aufgeräumt u. mit W. ausgefüllt haben, nämlich den Platz eines Würfels von 1000 F. Seite. Solcher Würfel liessen sich auf einer Quadratmeile 576 nebeneinander legen. In einem dieser Würfel könnte die Wasserspende für 33 Jahre jener Qu. aufbewahrt sein. Statt 4½ %, was der Salzgehalt der hier besprochenen Soole ist, haben die meisten M.Qu. freilich kaum ½ % Salze. Wenn dergleichen schwächere M.Qu. 1860 Jahre geflossen sind, können sie sich also eine Höhlung, welche die in 3⅔ Jahr ausfliessende W.-Menge fasste, geschaffen haben.*) Wie viele dieser Qu. sind aber weit längere Zeiträume geflossen u. haben Höhlungen für unermessliche W.-Vorräthe gebildet. In diesen bedeutenden Höhlungen, seien sie nun von grossen Kammern oder von einer Unzahl kleiner, selbst capillarer Räume gebildet, lagert also die W.-Masse, woraus die Qu. hervorgeht. Fällt nun in einem regnerischen Jahre doppelt so viel Regen als sonst, so wird dieser aussergewöhnliche Zufluss häufig schon an der Erdoberfläche verbleiben, oder wenn er sich auch in Hohlräumen am Quellanfange oberhalb oder in der Erde sammelt, wegen der Ausdehnung dieser obern Räume, die zur Unterhaltung des Quellausflusses nöthig sind, im Allgemeinen doch keinen bedeutenden Einfluss auf die ausfliessende W.-Menge ausüben. Dies würde nur dann der Fall sein, wenn das W.-Bassin am Anfange des Quelllaufes eng wäre u. durch den Zufluss des Meteor-W. bedeutend höher als sonst angefüllt würde. Diesen bei M.Qu. mit reichen W.-Massen gewiss nur ausnahmsweise vorkommenden Fall abgerechnet, kann man also annehmen, dass die W.-Menge, welche den Druck ausübt, sich bei trockenem u. nassem Wetter am Orte des Quellanfanges u. damit auch der Ausfluss immer ziemlich gleich bleibe. Das ist die erste Bedingung zur Gleichförmigkeit des Gehaltes der M.Wässer. Findet aber auch ein vergrösserter W.-Druck u. damit ein schnelleres Ausfliessen des W. statt, so ist damit noch immer nicht eine Abnahme im Salzgehalt gegeben. Je grösser der W.-Druck ist, desto schneller ist die Strömung, desto besser geschieht die Vermengung des Regen-W. mit dem ältern, unterwegs stagnirenden Salz-W., desto wirksamer wird durch den vermehrten Druck u. Stoss u. durch die unter vermehrtem Druck im W.-Becken besser zurückgehaltenen Gase die auflösende Kraft des W., desto mehr dringt es in die Poren des Gesteins u. in den Höhlenschlamm zersetzend u. auslaugend ein.

Wir haben schon die grosse Qu. von Vaucluse erwähnt, welche ihren Lauf durch grosse Höhlen nimmt. Nicht weit vom Hause, worin Petrarca gewohnt haben soll, ist eine Höhle, die das halbe Jahr hindurch keine Spur von W. enthält; tritt man hinein, so gelangt man in mehrere Gänge; der

---

*) Es wird hier freilich angenommen, was auch für die in Rede stehenden Soolen wenigstens u. auch überhaupt wohl seine Richtigkeit hat, dass die Salze nicht an der Erdoberfläche vor dem tiefern Eindringen des W. aufgenommen werden u. dass die Hohlräume der Erde nicht durch andere Ursachen vermindert werden

grösste derselben soll sich meilenweit hineinziehen u. wie ein Labyrinth vertheilen.

Nicht selten fällt bei Bohrarbeiten der Bohrer plötzlich in solche Höhlungen hinein. Beim Bohren des Brunnens von Grenelle traf man in verschiedenen Tiefen Höhlungen bis zu 15′ Höhe. Bohrlochsoolen überfluthen nicht selten, wenn solche Wasserbecken angebohrt werden.

Der Zusammenhang einzelner weit auseinander liegender Qu. deutet auch innere Hohlräume an.

Es fehlt also nicht an grossen unterirdischen Räumen, in denen das W. der Qu. verweilt u. circulirt.

Natürlicher Weise ist es für eine Ansammlung von W. ziemlich gleichgültig, ob ein grosser Raum oder mehrere zusammenhängende kleine, oder ob gar nur unzählige Capillarräume, wie im lockern Sande oder in Trümmergestein vorhanden sind. Im Allgemeinen möchte es der Wahrheit nahe kommen, mit Paramelle an eine vielfältige Zertheilung zusammenhängender Flüsse u. Flüsschen zu denken, u. an eine Durchtränkung grosser lockerer Schichten.

§. 38. Zirknitzer See.

Die Phänomene der Intermittenz, welche am Zirknitzer (Czierknitzer) See im Herzogthume Krain beim Flecken Czierknitza beobachtet worden sind, haben zu der Annahme geführt, dass dieser See von intermittirenden Qu. gespeist werde. In der That strömt zu Zeiten aus gewissen Löchern W. in den See; es scheint dies aber nur dann der Fall zu sein, wenn durch atmosphärische Niederschläge der Stand des W. in den unterirdischen Höhlungen so hoch wird, dass es in ganz natürlicher Weise im See zum Vorschein kommen muss; es liegt wenigstens kein Grund vor eine Heberform der unterirdischen Ausmündungen anzunehmen; diese Heberform würde wohl auch in einem so vielfach durchhöhlten Terrain fast zu den Unmöglichkeiten gehören. Als Beweis der mannigfachen Zerklüftung des Bodens in dieser Gegend ist hier noch die nahe dabei gelegene Adelsberger Grotte u. der unterirdische Verlauf mehrerer dortigen Flüsse zu nennen. *)

---

*) Der Poik, der sich lauttosend in die Adelsberger Grotte stürzt, kommt bei Malingrada, mehrere Stunden von seinem Eingang in die Höhle als Unz wieder zum Vorschein, u. nachdem er durch das Thal von Planina geflossen, verschwindet er abermals in der Höhle von Laase u. wird endlich bei Oberlaibach als Laibach wieder gesehen, wo er sich dann so verstärkt hat, dass er gleich bei seiner Quelle schiffbar ist. In der Adelsberger Höhle verläuft der Fluss auch theils unterirdisch. Man kann dort bis zu den Ufern des tosenden Waldwassers u. zu dem W.-Fall, den er beim Eintritt in das Unterreich bildet, auf gefahrvollen Wegen vordringen. Der von Fackelschein von der hintern Seite durchleuchtete W.-Fall soll eine unbeschreiblich magische Wirkung ausüben.

Schon Bacci macht auf die in unterirdische Gänge sich verlaufenden Flüsse aufmerksam. „Est regio plana ac molliter depressa, quae tamen continuis undique montibus clausa ac irrigata rivis, tribus quidem ab orientali situ, et quatuor ab australi; ii manifeste, quo magis e fontibus suis elongantur, hoc minoribus excurrunt aquis, quas plane tum tellus ipsa obiter tum apertae ad finem scrobes, quasi immanium speluncarum sub illis montibus portae absorbent. Accidit ergo ut, cum



Wenn man von Lohitsch aus nach dem Zirknitzer See geht, so verlässt man die Hauptstrasse um auf Fusswegen über Aecker u. ausgedehnte unbebaute Strecken zu wandeln, wobei man immer auf der Höhe des Gebirges bleibt, die stets mit trichterförmigen Vertiefungen besäet erscheint, u. ein düsteres Bild der gänzlichen Unfruchtbarkeit gibt u. nur dann u. wann eine entzückend schöne Aussicht auf Seitenthäler darbietet, die sich durch reiche Vegetation auszeichnen, namentlich auf das Thal von Planina, worin die Unz verläuft. Endlich erblickt man einen weiten, rings von Bergen eingeschlossenen Thalkessel ohne Ausgang, aus dessen Mitte der Thurm von Zirknitz u. mehrere Dörfer heraufschauen. Ueber den südlichen Ufern des Sees erhebt sich der Javorning mit einer so gleichmässigen Steigung auf beiden Seiten, dass er ganz dem Dache eines Hauses gleicht. Den First bilden regelmässig abwechselnde Erhöhungen u. Vertiefungen, welche dem ungeheuren Dache völlig proportional sind. Die Seiten dieses Berges sind dicht bewaldet. Der Slivinza hinter Zirknitz, ein hoher isolirter Berg, hat das Ansehen einer spitzen Pyramide; er hat eine tiefe Nebelhöhle.

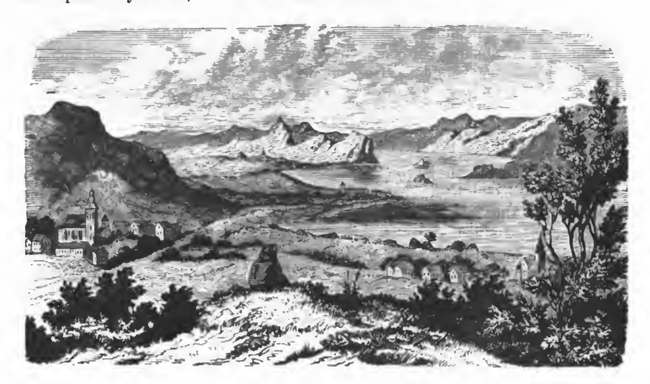


Fig. 4. Der Zirknitzer See.

In Martens Beschreibung erhält man von einem Augenzeugen genaue Kenntniss von der Beschaffenheit des See's, woran ich in Anmerkungen die aus andern Schriften entnommenen Nachrichten anschliessen werde.

„Endlich erreichten wir das kleine Dörfchen Jeschora (See auf Slavisch) dicht am See u. an dessen Wirthshaus.... Der Wirth führte uns zu einer wenige Schritte hinter seinem Hause befindlichen Bucht.... Der See, welcher bei mittlerem W.-Stande $^3/_4$ geogr. Meilen lang u. $^1/_4 - ^1/_2$ breit ist, war schon über 8 Fuss gefallen u. sehr sichtbar im Abnehmen. Gruber u. v. Jenny geben ihm drei Quadratmeilen, er hat jedoch beim höchsten W.-Stande nicht eine."

„Seine Gestalt ist wegen der stark einspringenden Vorgebirge sehr unregelmässig, u. er bildet weit mehr Buchten, Landspitzen u. Inseln, als ich je bei andern Seen gesehen habe. Nahe am Fusse des Javorning zieht sich die Halbinsel Dervosik weit in den See herein; im Westen derselben erhebt sich die Insel Vornek mit dem Dorfe Ottok. Die andern kleineren Inseln sind die zwei hügelförmigen

haec flumina toto aestatis decursu continuis aquis speluncas istas repleverint, sub autumni tandem fine, quasi tum plenis ac redundantibus cavernis, non modo non recipiantur, imo... extra illas portas reiectentur." Als versinkende Flüsse werden in Kärnthen u. Krain noch genannt: Loqua, Gurk, Temenitz, Reka, St. Canzian.

Velka Goriza u. Mala Goriza (Gross- u. Klein-Goriza) u. das flache Venetek, das Venezuela dieses Sees."

„Noch weit unregelmässiger ist seine Tiefe. Grosse Strecken waren jetzt nur zwei bis vier Fuss tief u. mit Binsen überwachsen.... *) Während wir aber über diesen seichten Felsenboden fuhren, sahen wir uns oft plötzlich über einen schwarzen Abgrund versetzt. Diese oft nur kleinen, oft aber auch bedeutend grossen Stellen sind trichterförmige Vertiefungen wie auf dem Lande, u. gleichen vollkommen denen, die im Lac de Joux am Jura treffend Entonnoirs heissen."

„Diese Gruben haben alle eigene, zum Theil sehr bezeichnende Namen, z. B. Kottu, der Kessel; Betschek, das Fass; Reitie, das grosse Getraidesieb; Rescheto, das grobe Sieb; Sittarza, das feine Mehlsieb; Vadonos, der Wasserträger. Zwei, von welchen man oft den dumpfen Wiederhall der hineinstürzenden Gewässer hört, werden Velka u. Mala Bubnarza, die grosse u. die kleine Trommlerin genannt. Sie sind den Anwohnern des Sees, welche sehr geübte Schwimmer sind, genau bekannt, u. die grossen, Vadonos Krisch, Kottu, Gebna, Rescheto, Livische u. Rebeska-Juma werden bei Ablauf des Sees regelmässig ausgefischt. Ihre Tiefe ist in Vergleichung mit der Tiefe anderer Seen unbedeutend; die Grube Rescheto, über welche ich fuhr, die tiefste Stelle des ganzen Sees, misst bei mittlerem W.-Stande nur 56 Fuss, Vadanos 50, Velka Bubnarza 45, Kottu 38; die übrigen messen von 29—6 F. Tiefe."

„Der felsige Grund des ganzen Sees, vorzüglich aber die erwähnten Trichter, sind voller Spalten u. Ritze, durch welche das W. an vierzig Stellen in unterirdische Höhlen abläuft u. als Bistriza u. Barouniza im Laibacher Thale wieder zum Vorscheine kommt. Dieser unterirdische Abfluss verhinderte den See gleich bei seinem Entstehen, das grosse Kesselthal, das ihn umgibt, auszufüllen u. sich, wie andere Seen, durch gewaltsamen Durchbruch der angehäuften W.-Massen einen Abfluss über der Erde zu bahnen. Anstatt jedoch, wie bei dem schweizerischen Lac de Joux, den Abfluss mit dem Zufluss in Gleichgewicht zu setzen, oder wie an der Poik u. mehreren andern Bächen u. Flüssen des Karstes zu jeder Zeit die ganze Masse des zufliessenden Wassers aufzunehmen, vermögen diese natürlichen Emissarii letzteres nur bei trockener Jahreszeit zu thun."

„Die Folge davon ist, dass der See in trockenen Sommern schnell abnimmt u. in Zeit von drei Wochen, mit Ausnahme der leimigten seichten Grube Piauze u. des Gerinnes der unversiegbaren Quelle Verch Jeschero, ganz austrocknet. Dieses geschieht auch, wiewohl seltener u. nicht so vollkommen, im Winter bei anhaltender trockener Kälte. Wenn hingegen anhaltendes Regenwetter oder ein heftiger Gewitterregen eintritt, so wird der See durch die Zuflüsse der Bäche Czirknitza, Martinschiza, Scherowniza u. Lipsenschiza im Norden u. Osten, so wie durch die W.-Massen, die aus der Vranja, Juma u. Sucha Dulza u. zehn andern kleinen Höhlenmündungen des ausgedehnten Javorning hervorbrechen, innerhalb 24 Stunden bis zu seinem gewöhnlichen W.-Stande erhoben. In diesem erhält er sich meistens, da dann das W. die Höhle Velka Karlauza u. Mala Karlauza **) erreicht u. in solche hinabstürzt, um im Thale St. Canzian wieder zum Vorschein zu kommen u. sich nach abermaligem Verschwinden oberhalb Planina in die Unz zu ergiessen. Nur selten vermögen auch diese beiden den Zuflüssen nicht mehr das Gleichgewicht zu halten, der See tritt dann weit in's Land hinein, überschwemmt Dörfer u. Felder u. erhebt sich bis zu 21 Fuss über den gewöhnlichen Stand. ***)

---

*) Nach Baccius, der sich auf Sigismund u. G. Wernher beruft, ist die grösste Tiefe 8—10 Ellen. Die Zahl der Löcher, welche W. ausspeien, soll etwa 12 sein, während die Zahl derer, welche es aufnehmen, mehr als doppelt so stark ist.

**) Nach Graber sind es besonders die zwei am Berge Javorning befindlichen mächtigen Höhlen Uranja jama u. Sucha dulza, aus denen das W. nach vielem Regnen u. Schmelzen des Schnees hervorkommt; es fliesst ab vorzugsweise durch zwei Schlünde am Ostende, die grosse u. kleine Karlauza. Das W. erweitert diese Schlünde immer mehr u. mehr.

***) Bei ungestümmem regnerischem Wetter, werfen besonders zwei der Löcher grosse Mengen W. aus, was zum Theil unter grossem Getöse erfolgt. Jene

„Aus dem Gesagten erhellt folglich, dass der See sich lediglich nach der Witterung richtet, keine bestimmten Epochen beobachtet, manchmal in einem Jahre zwei- bis dreimal, manchmal gar nicht abläuft; so war er namentlich, als ich ihn besuchte, schon mehrere Jahre nicht abgelaufen, im Jahre 1816 sogar stark ausgetreten." *)

„Die Anwohner freuen sich sehr, wenn sie ihn ablaufen sehen, da sie sich dann ein trockenes warmes Jahr versprechen u. noch obendrein auf einen guten Fischfang rechnen können, der um so ergiebiger ausfällt, je länger der See nicht abgelaufen ist. Zum Anbau von Feldfrüchten wird indessen nur ein sehr geringer Theil des Seebodens, vorzüglich bei der Insel Vorneck, benutzt, u. auch dieser nur für Hirse u. Haidekorn, obschon die Markungen der Dörfer weit in den jetzigen See hineinreichen, der ehemals kleiner war u. durch die Verschlammung u. Verstopfung einiger Ableitungskanäle zugenommen hat; dagegen wird er um so häufiger als Wiesen- u. Weideplatz benützt." **)

„Die Fische, ***) an denen der See sehr reich ist, sind vorzüglich Hechte u. Schleihen; sie werden beim Ablaufe des Sees in den Gruben mit grossen u. kleinen Zug- u. Handnetzen gefangen u. theils lebendig in Fässern nach Laibach u. andere Gegenden gefahren, theils auf die Fastenzeit gedörrt. Wenn der See abläuft, bleiben viele Hechte in dem Poltar (Fischbehälter) zurück. — einer Grube bei Verch Jeschero, welche durch die nahen Quellen beständigen Zufluss erhält u. daher nie ganz austrocknet. Sie wird während der Zeit des Fischens bewacht u. dient als Setzteich für den wiederkehrenden See. Den nämlichen Dienst leistet die Grube Piauze (Blutegelteich) für die Schleihen, welche in ihrem leimigen, ein völliges Versiegen hindernden Boden eine sichere Zuflucht finden, von ihren Feinden getrennt, sich ungestört vermehren u. durch den Schlammboden, die Nimfaenbüsche u. die häufigen Blutegel vor den Nachstellungen der Fischer besser geschützt sind als die

---

2 Löcher vermögen bei einem nur wenige Stunden anhaltenden, von Sturm u. Gewitter begleiteten Regen das Becken des Sees so schnell unter W. zu setzen, dass die Fischer sich dann nur durch schleunige Flucht retten können. Der See füllt sich jedenfalls viel schneller an (zuweilen in 1 Tage) als das W. abfliesst, wozu in den meisten Fällen 25 Tage erforderlich sind. (Valvasor Ehre des Herz. Krain, IV, 619.) Das abfliessende W. soll in Freudenthal bei Ober-Laibach in mächtigen Qu. wieder zum Vorschein kommen u. den Laibacher Fluss bilden, der sich nach Andern aus der Poik bildet.

*) In manchen Jahren läuft der See nicht oder nur unvollständig ab. Ueberhaupt hält sich das Füllen u. Abfliessen an keine bestimmte Zeit u. auch nicht an den Lauf der Jahreszeiten. Bisweilen erfolgt die Entleerung Einmal im Sommer u. Einmal im Winter (*Landgrebe, Grundz. der physik. Erdkunde, 1862.)

**) „In dem Jahre, in welchem wir da waren" schrieb *Jansen (Briefe 1793) „sind keine Sicheln stumpf gemacht worden, denn im Monat May war noch alles überströmt." Nach Baccius schnitt man das Gras im Seebecken am 20. Tage ab.

***) Frühere Beschreibungen sprechen von 6—8 Pfund schweren Schleihen u. 20—40 Pfund schweren Hechten, die aus den Löchern hervorkommen. „Im Windisch Landt, nicht sehr weit von Labach vnd Zircknitz, zwischen dem Gebirg, da ist ein wunderlicher See. denn er ist alle Zeit, von Jacobi bis hinaus vmb Ostern den Winter vber voller wasser, hat auch ziemliche grosse Fisch, vnnd besonders Hecht einer Elen lang, so baldt es nach Ostern wird, zwischen Pfingsten vnd Ostern, so versigt das wasser mit sampt den Fischen, also das niemand weiss, wohin das kompt, vnd auch also gar, das die Landleut Korn in den Schlich seen, welches sie mit grosser Nutzung abschneiden alle Jahr. Nach der Erndt kompt der See wieder mit sampt den Fischen. Dieser See hat keinen besondern ausslauff, aber nit weit darvon bey Sitich kompt auss der ebne herfür, ein vrsprung der laufft in den Gurck, darumb halt ich, das er durch ein Rinnen vnder der Erden daraus kompt, dasselbig laufft im Sommer auch nit, sonder versiget gantz, wiewol nun diss ungleubiglich, vnd dem groben Menschen vnbegreifflich ist, so sol sich doch dessen (welches kein sag Mer ist) niemand verwundern, dann diss auss natürlichen vrsachen wol sein kann, vnd beschehn mag." Thurneysser Zehen Bücher; 1612.

Hechte durch ihre Wächter. Die Jagd, die man auf dem See treibt, ist keine Parforcejagd mit Pferden u. Hunden, welche einen armen Hasen todthetzen, sondern eine Jagd auf Wasservögel, auf Feld- u. andere Thiere, die im Rohre nisten u. von den Bauern aufgesucht werden." *)

Cf. Wernerus l. de admir. Hung. aquis, cui addita tabella lac. admir. Cirknitz; 1595, fol.. Gruber Briefe hydrograph. Inhalts aus Krain; 1781. Kröpfer in Ergänzungsb. I, 382 zu Poggendorf's Annalen.

Von einem alle drei Jahre (?) intermittirenden See in der Isterburgischen Gegend bei Kauten in Preussen gab a. 1686 Mezel (Act. N. Cur. D. II, n. 5) Nachricht: „Hoc stagnum per tres annos aqua repletum et satis profundum, pisces suos omnis generis copiose reddit: praeterlapsis vero tribus annis sponte sua aquis in fundo se subducentibus exarescit, adeo ut accolae in alveo arido frumenta omnis generis serant et felici proventu metant per tres annos, quibus praeterlapsis aquae iterum ex fontibus in fundo latentibus regurgitent cum piscibus (quod mirum) mixtae, nullis in solo continente rivulis affluentibus. Tempore messis Sereniss. Elector (Brandenburg. Fridericus Wilhelmus) aliquando alveum, eques cum comitatu transiit, leporesque in eo venatus est." Wahrscheinlich wird der See auch nur in nassen Jahren vom W. angefüllt.

Aehnliche intermittirende See'n sollen sein zu Torbidone in Italien (P. Bocco Obs. nat. 19) u. zu Chiapa in Amerika (J. Laët u. danach Dapper Amer. II, c. 16).

§. 39. Verhalten verschiedener Gesteine und Terrains zur Quellbildung.

»Das Auftreten der Quellen« sagt Baer (Chemie des prakt. Lebens) »steht mit der Natur der Gebirgsarten, Structur u. Lagerung im innigsten Verhältniss. Je mehr im Allgemeinen das Gestein nach allen Seiten hin zerklüftet u. zerrissen ist, um so günstiger werden die Verhältnisse für das Entstehen der Quellen sein, aber eben nur dann, wenn die Spalten auf lange Strecken mit einander zusammenhängen, so dass also die Wurzeln der Quellen auf der breitesten Grundlage ruhen, d. h. sich über weite Flächen ausdehnen u. sich überdies noch reichlich verzweigen. Anderenfalls kommt das eingedrungene W. sehr bald wieder zu Tage u. bei mangelndem Regen kann eine Erschöpfung der Vorräthe eintreten. Das ist z. B. im Granit der Fall. Allerdings ist das Gestein zahlreich zerklüftet, aber die Risse u. Spalten erstrecken sich nur über eine geringe Tiefe u. Breite u. stehen selten im Zusammenhange mit einander. Diesem entsprechend treten zwar zahlreiche Qu. auf, aber da jede nur einen kurzen Weg bis zur Oberfläche zu durchlaufen hat, so ist der Erguss nur spärlich u. schwächlich.«

»Namentlich zeigen sich die geschichteten Gebirgsarten, die secundären u. tertiären Formationen sehr ergiebig. Die Kalk- u. Dolomitgebirge, die im Innern oft grosse Höhlungen enthalten, in denen sich das W. ansammelt, geben zur Entstehung sehr wasserreicher Qu. Veranlassung.« Verf. erinnert an die Qu. der Sorgue bei Vaucluse mit einer W.-Masse von 15000 Millionen K.F. jährlich im Mittel, was der Regenmenge von etwa 8 Quadrat-Meilen entspricht.

*) Aus dieser Jagd auf Wasservögel erklärt sich wohl die bei Valvasor (1687) erwähnte u. noch in neuerer Zeit wiederholte Sage, dass aus den Höhlungen vollständig blinde, fast ganz nackte Enten hervorkämen; es sind eben nur — Enten.

»Während im Keuper zahlreiche Quellen auftreten, sind sie im Flötz- u. Jurakalk weniger zahlreich, aber ergiebig. Die hohen aus Jurakalk bestehenden Plateaus sind meistens arm an W., ebenso der Muschel- u. Kreide-Kalk, die nach allen Richtungen durch Millionen Spalten zerklüftet sind, so dass das Regenwasser mit Leichtigkeit bis zu grossen Tiefen vordringt. Daher treten nicht selten im Quadersandstein, der dem Kreidegebirge als Grundlage dient, sehr reichhaltige Quellen auf.«

Ergänzen wir diese Bemerkungen noch mit den Beobachtungen von Paramelle, der vorzugsweise die Aufdeckung verborgener Quellen im Sinne hatte.

Die Primitivgesteine lassen, wenn ihre Höhen mit Detritus oder mit vielklüftigem Fels bedeckt sind, viele, wenn auch schwache Qu. am Fusse des Plateaus u. im Grunde der Thäler entspringen. In den secundären Formationen sind die sichtbaren Qu. nicht so zahlreich als in den primitiven, aber stärker. Für alle Terrains gilt die Regel: Je seltener die sichtbaren Qu. sind, um so wasserreicher sind sie. Unter Tuffstein ist man sicher, Qu. zu finden, deren Absatz dieser Stein ist (?). Kalke u. Mergel mit Gryphiten, Ammoniten u. Belemniten, Molasse, Grünsand, Schiefer, Ceritenkalk, Süsswasserkalk, grüne Mergel sind zur Quellbildung geeignet. Die Grauwacke u. der Thonschiefer des Rheinthales sind wenig zerklüftet u. daher quellenarm.

Die Kalke, worin sich Erdfälle zeigen, sind von einem Wasserstrome unterminirt, welcher zu Zeiten der Fluth sich durch diese Löcher Bahn bricht; die Löcher sind gewöhnlich der Richtung des Thales nach reihenweise gelagert u. wenn der Strom sich nicht genug durch den obersten Erdfall entleeren kann, so stürzt er aus den folgenden hervor. In den zu oberst gelegenen Erdfällen ist nun zwar das W. in einer Tiefe von 5—15 Meter zu erreichen, aber in den weiter abwärts gelegenen läuft es in zu grosser Tiefe, um Brunnen darauf anzulegen. Der Grottenkalk ist zur Bildung von Qu. noch ungünstiger. Ein Beispiel dazu bietet das Lot-Departement, worin man 155 mehr oder weniger merkwürdige Grotten zählt. Der östliche Theil dieses Departements besteht aus Primitivgebilden u. zwar sind die Hügel, Thäler u. Bäche mit einer auffallenden Regelmässigkeit gebildet u. überall gibt es da Quellen; dagegen liegt der westliche u. südliche Theil auf Kalk u. hat Mangel an ober- u. unterirdischem W.; man kann 54 Kilometer von O nach W, 46 Kil. von S nach N gehen, ohne ein anderes W. fliessen zu sehen, als den Gramant, der aber 9 Monate trocken ist. Dieser wasserarme Landtheil umfasst 50 Quadratstunden. (Hier war es, wo Paramelle Anlass zu seinen segensreichen Studien fand.) Im »Zellenkalk« sind keine Qu. möglich. Die absolute Undurchdringlichkeit der Masse u. die vertikalen Spalten mit einer Menge formloser Höhlungen, welche den Dolomit auszeichnen, lassen keine Qu. entstehen. Man hat sich natürlich bei der variablen Beschaffenheit der Kalke weniger an Namen als an die Beobachtung der Eigenthümlichkeiten der Gesteine, wie die zu beurtheilende Gegend sie bietet, zu halten. Die Kreideformation des westlichen Abhanges des Teutoburger Waldes ist sehr reich an Klüften, die sich durch Kalkstein, Quadersandstein u. Mergel erstrecken u. ist daher sehr quellenreich. Der Thon an sich ist wegen seiner Masse, die oft eine bedeutende Mächtigkeit hat, ein Hinderniss Qu. aufzusuchen u. auch, insofern er sich weithin ohne Störung erstreckt, ein Hinderniss der Quellbildung.

Aehnlich verhält er sich mit dem Thonmergel. Wenn der Mergel kreidig, durchdringlich, geschichtet ist u. seine Zwischenlagen undurchdringlich u. nicht zu tief, kann man in ihm auf Qu. hoffen. (Auf Malta ist das W. in den meisten Strichen sehr selten, am häufigsten findet es sich an der Westküste, wo der Kalkstein auf einem Stratum von Mergel liegt.) Die äusserste Permeabilität u. die gewöhnlich ungeheure Mächtigkeit der Kreide ist sehr ungünstig für die Quellenbildung. *) Diluvialschichten sind im Allgemeinen ohne dickere Schichten u. zu permeabel, weshalb sie für die Erlangung oberflächlicher Qu. sich wenig eignen. So weit Paramelle.

Das höhlenreiche Kalkgebirge nimmt grosse Massen W. auf u. kann darum auch grosse Qu. an tiefern Stellen erzengen. Beispiele sind, ausser den Qu. des Teutoburger Waldes, die Qu. der Orbe im Jura, die 20 Minuten von ihrem Ursprunge, ehe sie sich in den Neufchateler See ergiesst, mehrere Mühlen treibt, eine Qu. unfern Grätz, die aus einer senkrechten Felswand einige Fuss über dem Boden hervorkommt u. unmittelbar darauf eine starke Mühle treibt, die dasselbe Phänomen bietende, auf der schwäbischen Alp entspringende Lauter, die Kulpa (Croatien) u. die Flüsse Klokot u. Laibach, welche bis zu ihren Qu. schiffbar sind, der nur etwa 3/4 Meile lange Timavo, der bis zu seinen Qu. mit Seeschiffen befahren werden kann u. viele andere schon in den vorigen Paragraphen genannte Quellen.

Tertiäre Bildungen, theils in die frühern Becken der Secundärformationen abgesetzt, theils erst später durch Hebungen zu Becken umgestaltet, sind gewöhnlich lockerer, reicher an Sandschichten u. Klüften, veränderlicher im Schichtenfalle, als die secundären Ablagerungen u. bieten daher nicht, wie diese die Erscheinung dar, dass sie auf grosse Strecken hin gar keine Quellen liefern, an anderen sehr reich daran sind. (J. Burat.) **)

Mehrere ungeschichtete Gebirge, wie Granit, Porphyr, Trachyt, Basalt, zeigen eine prismatische oder säulenförmige Absonderung u. die dadurch gebildeten Spalten sind bisweilen von Querklüften durchsetzt, wodurch die Möglichkeit gegeben ist, dass durch ein solches Gebirge Quell-W. aufsteigen können. So hat man z. B. zu Aberdeen 180 F. unter Tage in einer mit Sand u. Kies erfüllten Spalte W. erbohrt, das 6 F. über den Boden steigt. Weniger auffallend ist es, dass zu Wildbad fünf auf einem kleinen Raume niedergetriebene Bohrlöcher in 60 F. Tiefe auf Thermal-W. gestossen sind.

Insofern Metalladern ein Zeichen von der Lückenhaftigkeit des Gesteins sind, kann man sie als ein dem Vorkommen von Quellen günstiges Zeichen ansehen. „Ubi aurum, argentum, ferrum, aes, plumbum, reliquaeque res earum similes fodiuntur, fontes inveniuntur copiosi, sed hi maxime sunt vitiosi; habent enim vitia contraria aquae calidae, quam sulfur, alumen, bitumen emittit.“ (Vitruv. VIII, 3.)

---

*) Unter der Kreide ist aber gewöhnlich eine mächtige W.-Schicht anzutreffen, wie dies in der Umgebung von Tours, Elboeuf, Southampton gelang.

**) Der Reichthum gewisser Gegenden an Qu. ist oft bewundernswerth. Im Dorfe Flims (ad flumina), Graubündten, zählt man an 13 Hauptqu., wovon etliche am Ursprunge 1/2—1, andere auch 2 Schuhe breit sind. Einige davon sind beständig, andere fliessen nur im Sommer. Die namhafteste heisst Gorg (gurges). (Scheuchzer.) Thurneisser zählte bei dem Markt Reitte jenseits des Lechs „an der Aschischen seiten“ auf 2000 Schritte bei 43 Brunnadern, wovon die kleinste zu einem ziemlichen Brunnen würde genügt haben.

§. 40. Gestalt der Quellwege.

Der Verlauf, den das W., welches Quellen bildet, nimmt, ist entweder ein blos nach oben oder blos nach unten gerichteter, oder ein gebogener, abwechselnd nach unten u. nach oben strebender. Ob blos aufsteigende, von irgend einer Kraft aus dem Erdinnern getriebene W. wirklich vorkommen, werden wir an anderer Stelle erörtern, wo von der Triebkraft der Gase u. Dämpfe u. der Senkung der Erdschichten als Druckkraft Rede ist; jedenfalls würden solche einen unermesslichen W.-Vorrath erfordern. Blos nach unten gerichtete, absteigende Quellwässer sind die am häufigsten vorkommenden. Fig. 2 u. 4 der Taf. I geben uns davon ein Bild. Das bei A in eine Erdspalte versinkende u. von einer wasserdichten Schicht D getragene W. (angedeutet durch eine dicke Linie) kommt, nachdem es eine wasserdurchlassende Stelle gefunden hat, bei Q als Quelle zum Vorschein. Solche Qu. beziehen ihr W. direkt aus den atmosphärischen Niederschlägen oder aus irgend einer ober- oder unterirdischen Ansammlung. Dies gilt aber auch von den abwechselnd ab- u. aufsteigenden Quellen, welche in Fig. 5 u. 7 derselben Tafel vorgestellt sind. Von der W.-Ansammlung A fliesst das W. zwischen den Schichten, von einer wasserdichten Schicht D (Fig. 5) zurückgehalten, u. steigt dann wieder in Form einer communicirenden Röhre empor, um bei Q eine Quelle zu bilden. Weil der vom absteigenden W. erfüllte Schenkel dieser Röhre länger ist, als der aufsteigende Schenkel, muss das W. mit kleinerer oder grösserer Kraft ausfliessen; u. zwar mit um so grösserer Steigkraft, je bedeutender der Unterschied des W.-Standes im längern absteigenden u. im kürzern aufsteigenden Schenkel ist. Von derselben Wasseransammlung (A in Fig 7) kann das W., welches zwischen verschiedene Gesteinlagen eindringt u. von wasserdichten Schichten d′ d″ d‴ getragen wird, durch verschiedene Spalten aufsteigend, mehrere Quellen T′, T″, T‴ u. durch Nebenspalten des Gebirges G noch die Qu. T^{IV} bilden. Die Wege, auf welchen das W. verläuft, können mehrmals abfallen u. steigen u. mehrere Krümmungen bilden. Hält der Weg für das Quell-W., wie in Fig. 9 b eine absteigende u. wieder aufsteigende Richtung ein, endet aber mit einem absteigenden Theile, so kommt die Heberform der Qu. zum Vorschein, welche man namentlich zur Erklärung gewisser Unregelmässigkeiten der Ergiebigkeit benutzt hat.

Das W. kann keine andere Richtung nehmen (abgesehen von der horizontalen Richtung, die für sich keine Qu. erzeugen kann) als blos abwärts oder aufwärts oder beides u. zwar letzteres in Form der communicirenden Röhre oder in Heberform. Für den blos absteigenden Verlauf bedarf es keiner geschlossenen röhrenförmigen Gestalt des W.-Laufes, sondern jede wasserdichte Unterlage ist dazu geeignet; das W. kann in jeder Rinne, auf jeder Fläche nach unten abfliessen. Für die aufsteigenden Quellen müssen wir aber eine, wenn nicht absolut, doch mehr oder minder geschlossene Form der Quellspalte annehmen, ebenso für die communicirenden Röhren u. für die Heberform; denn in all' diesen Fällen steht das W. unter einem Drucke, der von Gasen, Dämpfen, der W.-Masse selbst oder der atmosphärischen Luft ausgeht, ein Druck, der nöthig ist um das Aufsteigen des W. der Schwerkraft

entgegen zu ermöglichen. Wäre aber die Spalte, worin das W. aufsteigen soll, nicht seitlich u. für die Qu. mit auf- u. absteigendem W. auch nach unten zu geschlossen, so würde es in horizontaler u. senkrechter Richtung entweichen u. nicht in die Höhe gehen. Zwar braucht dieser Verschluss zur Seite u. nach unten hin nicht immer ein absoluter zu sein, aber die Nebenspalten müssen doch zu enge sein, um das unter Druck befindliche W. abzuleiten u. es muss eine entsprechende Menge W. zurückbleiben, die nicht auf diesen horizontalen oder in die Tiefe gehenden Wegen entweichen kann, sondern zur Quellspalte hinaufgetrieben wird.

Die Gestaltung der Wege, welche das W. bei seinem Laufe zur Quelle einnimmt, können wir uns am besten verdeutlichen, wenn wir die von der Erd-Oberfläche aus zugänglichen Höhlen betrachten. Gewöhnlich verlaufen diese höchst unregelmässig, bieten enge u. weite, hoch u. niedrig gewölbte Stellen dar; der Boden verliert sich zuweilen fast senkrecht in grosse Klüfte. Solche Höhlungen wird das Quell-W. nicht selten antreffen u. ausfüllen. Zu den Quellwegen gehören aber auch die kleinen, so höchst verschieden gestalteten Spalten u. Zwischenräume, welche jedes Gestein darbietet: Poren, Zellen, zoll- bis fussgrosse Cavernen, röhrenförmige Cavitäten, blasige Ausweitungen; es gehören dazu ebenfalls die Fugen, die zwischen verschiedenen Gesteinen frei geblieben sind u. die Klüfte, welche im Innern eines Gesteinskörpers sich gebildet haben, insofern sie miteinander zusammenhängen. Als solche Klüfte lassen sich weniger die Risse, welche, obgleich in ihrer Mitte oft mehrere Zoll weit, sich noch innerhalb des Gesteins auskeilen u. ihre Entstehung einer Zusammenziehung der Gesteinsmasse verdanken, ansehen, als die grössern Spalten, die sich durch gewaltsame Bewegungen der Erdkruste u. Zersprengung gebildet haben.*) Die Quellwege sehen wir an vielen Orten plastisch dargestellt in den Ausfüllungen der ehemaligen Quellspalten mit Quarz, Chalcedon, Erzen etc., die oft eine bedeutende Dicke, oft aber auch die Dünne eines Haares haben u. nicht selten in vielfacher Wiederholung als parallele Gänge oder Lamellen oder in weniger geordneter Folge auftreten u. grade da nicht zu fehlen pflegen, wo noch Thermen aufsteigen. (Cf. Hydro-Chemie §. 210.)

Ist der Druck, den das W. erfährt, grösser als zum blossen Hervorkommen bis zur Erdoberfläche nöthig ist, u. ist das Ende der Quellspalte nicht nach unten gerichtet, so bildet sich eine Springquelle, deren Richtung senkrecht oder schief aufwärts oder auch horizontal sein kann.

§. 41. Höhe des Quell-Ausganges.

Adfirmabat, omnia litora naturaliter aquae dulcis venas habere.
Hirtii Bell. Alex. VIII.

Weil das W. immer die Tiefe sucht, sind die tiefen Stellen der Erdoberfläche die natürlichen Ausgangspunkte für das Quellwasser. Es hat also

*) Im Kreidemergel des Teutoburger Waldes findet man Spaltenöffnungen, welche sich an der Decke gewölbenartig schliessen; es sind wahrscheinlich Quellenmündungen, aus welchen zur Zeit, als das Niveau der unterirdischen W.-Ansammlung einen höhern Stand hatte, periodische Qu. ausflossen.

insofern nichts Wunderbares, dass an der Abdachung des Landes zum Meeresufer sich Quellen vorfinden; das Auffallende liegt nur darin, dass in der Nähe des salzigen Meeres Süss-W. zuweilen hervortritt, was aber als eine natürliche Folge des Schichtenfalles u. der Beschaffenheit des Gesteins u. der Erdlagen, welche das Meeresufer bilden, betrachtet werden kann.

Aristoteles erwähnt das Vorkommen von Süss-W. an der Küste Afrikas in der Abdachung des Atlas (Probl.). Cäsar versicherte seine Truppen, als ihnen in Alexandrien das W. vom Feinde verdorben wurde, dass jedes Ufer mit Süsswasser-Adern versehen sei u. liess Brunnen graben, worin sich eine Menge Trink-W. ansammelte. In Plin. Caecil. Ep. II, 17 findet sich das Vorkommen von Quellen am Meeresufer erwähnt. „Haec amoenitas deficitur aqua saliente, sed puteos, ac potius fontes habet. Sunt enim in summo, et omnino littoris illius mira natura: quocumque loco moveris humum, obvius et paratus humor occurrit, isque sincerus, ac ne leviter quidem tanta maris vicinitate salsus.“ Auch andere Beobachter gedenken solcher Uferquellen. „Locus memorabilis est ad Stylum nobile Calabriae oppidum, ubi in ipso littore, quod interest a freto Siculo et Hadriatico, fons oritur e praealtis jugis aquarum dulcium uberrimus, quo longissimo excursu nautae ac pyratae etiam aquarum descendunt.“ (Bacc. V.) „Mirum est, quod in litoribus freti Mamertini seu Siculi olim observavi: Litora arenosa sunt et plena sabulo, in quibus si quis fossam fecerit, statim aquam dulcissimam reperiet, etiamsi a ripa maris non nisi duobus aut tribus pedibus distet. Imo quod admiratione dignius, in ipso curvo portus Messanensis brachio, quod intra portus et freti aquas medium interjicitur, si quis fossam dicto modo fecerit, is pariter aquam dulcem reperiet. Idem accidit ad litus Calabriae juxta Rhegium, ubi aquam dulcem me reperisse memini in fossa arenacea, non nisi duobus palmis ab aqua maris dissita et fons ibidem ad ripam maris in usum publicum extructus sat ostendit. Quaeritur tam exotici effectus causa.... causa esse potest, quod rivuli ex Peloro promontorio, quod freto imminet, emanantes, litus sabulosum occulto fluxu percurrentes, antequam freto se insinuant, dulces ubique aquas suppeditent. Quod idem de litoribus Rheginis dicendum est, in quae se ex montibus Calabriae, qui fretum cingunt, tum aperti, tum occulti rivi arenam subterlabentes eandam aquam dulcem... exhibent. Unde vero aqua dulcis in portus Messanensis brachio, inter utrumque mare a natura curvato, aqua dulcis proveniat aliam haud dubie causam habet, cum rivulos ex montibus participare non possit... Ergo dicendum vel ... vel certe ex lacu aut flumine Siciliae aut Calabriae per subterraneum syphonem infra fundum maris porrectum, quod in hoc portus brachio exitum dum reperit, aquam per dictum tractum diffusam dulcem reddere.“ (Kircheri Mund. subt., ed. 3, 1678.)

Auch im Meeresboden selbst öffnen sich viele Qu., weil die Schichten der festen Erdrinde dahin oft abfallen. Die Qu. offenbaren sich aber nur dann, wenn die Kraft, womit das W. hervortreibt, so gross ist, dass es das über ihm liegende Meer-W. überwinden kann.

Eine Süsswasser-Qu. im Meere beschreibt Lucrez (De rer. nat. VI, 890):

quod genus endo (i. e. in) mari spirat fons dulcis aquai
qui scatit et salsas circum se dimovet undas;
et multis aliis praebet regionibus aequor
utilitatem opportunam sitientibus nautis,
quod dulces inter salsas intervomit undas.

Plinius gedenkt mehrerer solcher Qu. im Meere: „Quid tam mirandum, quam ut e medio mari... exurgat fons suavis ac potabilis? Id in Phoeniceo mari est ante Joppen Paria, jam Arados dictam, inter quam et continentem fons exoritur 50 cubita alto mari (ut auctor est Mutianus) ex eoque dulcis aqua tubo coriis facto usque a vado trahitur.“ (V, c. 31.) „Dulcis haustus in mari plurimis locis, ut ad Chelidonias insulas et Aradum et in Gaditano oceano.“

(II, c. 102.)*) Auch Strabo kannte die springenden Trinkquellen an der Aradischen Küste im persischen Meerbusen (Geogr. XVI). „In mari Syrio, Strabone, parva insula, ubi per clybanos et cupas ex profundo sub mari fonte eliciunt dulces.“ (Bacc. I, 2.) „In maris superiori parte Tyrenis urbis fons est, qui dulcissimis aquis tanta vehementia prosilit a fundo maris, ut duobus aut tribus cubitis supra mare saltet. Et hoc cum mare tranquillum est.... Sic autem eminet super aquas maris, ut hauriri possit in vasis.“ (*Vincent. Belluac. Spec. nat.) „Puteolano mari dulcissimus (fons) emergit ab imo, excedens superficiem, omnibus spectatissimus.“ (Leander Camp. felix.) Eine noch jetzt sichtbare süsse Meeresqu. lieferte den Syrakusanern Trink-W. u. eine solche, zuweilen fast 1′ über dem Wasserspiegel aufsteigende könnte der Stadt Cette denselben Dienst leisten. (Benoît in *Bull. de la soc. d'encour. 1851.) Im Spezziagolfe, 40—45 Met. vom Lande, ist eine wenig (um 3—4 Decimeter) gewölbte, 20—25 M. breite Stelle, deren süsses, kaltes, mit Gewalt aufsteigendes W. wahrscheinlich aus einem See auf dem Rücken des hohen Apennins hervorkommt. (Spallanzani in Mém. de la soc. ital. II, 1786.) In der Nähe der Arethusa-Qu., die gleich einem Bach der Erde entströmt, ist nach Brydone ein Brunnen, der von einer bedeutenden Tiefe aus dem Meere heraufkommt (Occhio di Zilica); er wallt zuweilen so stark auf, dass man das W. unvermischt auffangen kann. Die Alten haben ihn nicht erwähnt. In der Xaguabai der Insel Cuba, 2 bis 3 Meilen vom Lande, soll eine so stark strömende Qu. sein, dass die Barken sich nur mit Mühe dieser Stelle nähern können. Eine ähnliche Qu. ist bei Jamaica, wovon *Simon. Majol. nach Ovet. Hist. VI, c. 12 erzählt. „Juxta insulam Jamaicam s. S. Jacobi, procul a litore ad bis mille passus, alto mari fons exurgit, suavissimi ad potum saporis; mirum illud est eo nomine, ut cum enascatur e fundo, pedes quinque sua vi maritimam aquam, incorruptus usque in superficiem penetret, vique sua etiam superficiem superet ad cubitum eminens, brachii humani magnitudine.“ 400 Met. vom Cap Catoche (Yucatan) ist eine Süsswasser-Quelle. Im indischen Meere, 125 Meilen von Chittagong u. wenigstens 100 engl. Meilen vom nächsten Küstenpunkte will man ebenfalls eine solche Qu. bemerkt haben.

Ebenso wie kalte, so können auch warme Qu. im Meere ihren Ausgang haben.

Plinius kannte solche Thermen im Meere. „Sed et fontium plurimorum natura mira est fervore. Idque etiam in jugis alpium, ipsoque in mari inter Italiam et Aenariam, ut in Bajano sinu, et in Lirio fluvio, multisque aliis.“ (Hist. nat. II, c. 102.) Thermen trifft man im Meere bei der Insel Milo, bei den Antillen St. Jacques u. Guadeloupe, bei Island u. an andern Orten. —

Nach den Untersuchungen von Schlagintweit wird man in den europäischen Alpen schwerlich mehr eine Qu. bei 10000′ über dem Meere treffen, theils weil die atmosphärischen Niederschläge der Quellbildung nicht günstig sind, theils wegen der Gestaltung des Gebirges. Schon die Verdunstung ist in diesen Höhen, besonders wenn die Besonnung die Temperatur der Felsen auf 30—50° erhebt, wegen des geringen atmosphärischen Druckes sehr stark. Bei der Steilheit der Alpengipfel bleibt für diese verhältnissmässig ein nur kleiner, zur W.-Ansammlung ungeeigneter Kubikinhalt. Da die mittlere Gipfel- u. Kammhöhe der Centralalpen 10500—11000′ beträgt u. die höchsten dortigen Qu. nicht viel über 8000′ aufsteigen, so bleiben immer ein paar Tausend Fuss Gebirgshöhe über den Quellen. Bei dem nördlichen Kalkalpenzuge, wo die mittlere Kammhöhe 7800′ u. drüber ist, u. jene eisigen Regionen nicht erreicht, welche beim Schiefer der Centralalpen die Quellengrenze tief nach unten bringt, ist im Allgemeinen die Höhengrenze der Quellen bei

*) Plinius erwähnt auch einen Salzsee in Macedonien zu Läti, aus dessen Mitte eine süsse Qu. hervorkam (XXXI, c. 10).

6000—6500′. Obschon bei den Kalkgebirgen die steil hinuntergehenden Klüfte ein leichteres Versinken gestatten, ist also der Abstand der Quellen von den Gipfelspitzen zwar kleiner als bei den Centralalpen, aber doch grösser als bei den Schiefergebirgen von gleicher Höhe, bei denen jener Abstand nur 500—1000′ beträgt.

Auf der Sierra Cola de Aguila (Texas) traf A. Schott 2 kalte Qu., »die ihrer hohen Lage wegen (etwa 4500 Fuss über dem Meere) in manchen deutschen Provinzen den Namen Adlerbäder oder Adlerquellen erhalten haben würden, wie diess auch im texanischen Englisch wirklich der Fall ist, denn unter dem Namen »Eagle springs« sind sie jedem El-Paso-Reisenden bekannt.«

Merkwürdige Verhältnisse in den Ursprungsstellen der Thermen bietet Hochasien, dessen Randgebirge zu unermesslichen Höhen, an Stellen mehr als 24000′ aufsteigt. Die Hochebene selbst liegt viel höher als die Gipfel des Brockens u. der Schneekoppe u. erreicht fast die höchsten Bergspitzen der Alpen u. Pyrenäen. Europa's höchste Thermen, wie San Martino u. Leuk, nur bis zum dritten Theile der Gipfelhöhle der Alpen hinanreichend, bleiben überall noch bedeutend unter der Schneegränze. Die höchsten asiatischen Thermen aber liegen dicht an u. selbst innerhalb ihrer erhabenen Schneeregion, u. steigen bis zur Hälfte der alpinischen Gipfelhöhe hinan. Die Tirtapuri-Qu. liegt in gleicher Meereshöhe mit dem Montblanc. Der Gaurikund, 55° warm, liegt über 6000′, Kaschmirs Wunderquelle zwischen 6—7000′, viele siedend heissen Quellen der Dschemnotri-Gruppe, 10000′ hoch, der Taptakund noch 1000′ höher. (Struve's Ann. II, 48—84.)

„Die höchstgelegenen dieser Thermen finden sich bei dem heiligen, vielbesuchten Wallfahrtsorte Dschemnotri (Dschumnotri, Shoemnotri in Gharwal Gherwahl), in über 10000 F. Meereshöhe u. unter den merkwürdigsten Verhältnissen, wie sie der Reisende schildert. Zwischen zwei Felsenmauern, die nur 60 Ellen weit auseinander stehen, zieht der Dschemna über eine halbe Stunde weit ganz unsichtbar hindurch, weil er mit einer 40 Fuss hohen Schneebrücke bedeckt ist, die nach oben in ein Schneefeld u. zum hohen Dschemnotri übergeht. In dieser Schneebrücke sind sehr viele Löcher u. Oeffnungen durch den Dampf der heissen Quellen gebildet, die in dem Flussbette selbst u. zunächst in seiner Uferspalte hervordringen. Mit dem Senkblei in der Hand kann man, am Rande dieser Oeffnungen, sehr gut die Mächtigkeit des Schneegewölbes messen, das sich über den Strom hinüberbaut. An eine dieser Stromspalten stieg Hodgson durch ein enges, sehr steil einsetzendes Schneeloch in das geheimnissvolle Dunkel dieses Strombettes hinab, das hier von dicken u. festen, sehr soliden Schneemassen, die der letzte Winter sehr vermehrt hatte, überdeckt war. Angezündete Fackeln geben in dieser dunkeln Tiefe den wunderbarsten Anblick, das Schneegewölbe von unten erleuchtet, wandelt sich in weite Marmorhallen um, deren mehrere in Grottengestalt sehr hoch, andere sehr weit sich fortziehen. Ganz in den Nebel der warmen Dämpfe eingehüllt, thaut der Schnee aus den Gewölbhöhen beständig Regenschauer herab, die in die unterste Tiefe des Felsspaltes zusammenfliessen, den man hier mit einem starken Schritte überschreiten kann. Dies ist der Dschemna in der geheimnissvollen Naturwerkstätte selbst in jedem Momente von Neuem erzeugt, durch die heissen Quellen von unten, durch den Schneeregen von oben, die sich hier wunderbar vereinigen. Die Qu. sind hier so heiss, dass man Reiss darin kochen kann.“ Skinner mass die Wärme im Quellspalte zu 82°, einige Fuss davon im Flusse auf 71°. (Hodgson gibt 62° an.) Nicht nur eine, sondern eine grosse Zahl von heissen Qu., in langen Reihen aus den Haupt- u. Nebenspalten hervorsprudelnd u. dampfend, sind es, die hier den Einfluss eines gemeinsamen Hitzeheerdes im Felsspalt Dschemna verkünden. Viele sprudeln mit sehr starker Luftentwicklung. Sie setzen viel Ocker ab, sollen aber

geschmacklos sein. (Nach Hodgson schmeckt das W. widerlich.) Skinner bemerkt, dass die Hitze dieser Quellen mit der Höhe gegen die Schneefelder zunehme. Nach Fraser ist die Schneebrücke durch Lavinen gebildet.

Auch in Chili sind einige Thermen sehr hoch gelegen. Die von Donna Anna mit einer Wärme von 25—60° liegen 10000′ hoch, die von Chillon, 48—60° warm, 6000′ hoch.

Senkung der Ausbruchsöffnung mit der Länge der Zeit. Man kann aus geologischen Thatsachen folgern, dass die Quellen einiger Orte in der Urzeit höher ausgeflossen sind, als sie jetzt fliessen. Seltener sind die Fälle, wo man aus den Construktionen alter Bäder auf einen ehemals höher gelegenen Ausfluss der Quellen schliessen kann; im Gegentheil scheinen die griechischen u. römischen Bäder an den natürlichen Thermen fast immer an Stellen angelegt worden zu sein, wo man sie auch heute noch mit Bezug auf den Wasserstand der Qu. anlegen könnte.

Zwei Stunden von Broos auf der rechten Marosseite, ½ St. über Gyogy fand sich ein uraltes, 24′ durchschnittlich messendes Badebassin, welches 20′ über dem Niveau der jetzt noch reichlich sprudelnden Thermen liegt. Ein Kalktufflager umgibt die Quellen, die ohne Zweifel früher höher flossen. (*Jahrb. d. Centralcom. zur Erhaltung der Baudenkmale, 1856. Ackner Röm. Alterth. in Siebenbürgen.) Vielleicht hat in solchen Fällen das W. heute mehr Ausgänge u. darum weniger Auftrieb als ehemals.

Es ist bewiesen, dass die Travertin- u. Arragonit-Ablagerungen zu Chatel-Guyon viel höher liegen als das Niveau der jetzigen Quellen. Gonod meint, dass die Arkosen sich einst über die Ausbruchsstellen der Qu. lagerten u. sie zwangen höher durch Spalten aufzusteigen. Später, als der Bach die Arkosen aushöhlte u. sein Bett bis zum Granitboden erniedrigte, wurden die ursprünglichen Ausbruchsstellen wieder frei.

Der Fall, dass die heutigen M.Qu. im tiefern Niveau entspringen, als sich die Ockerlager früherer Zeiten finden, kommt nach Bischof im Brohlthal sehr häufig vor. Es kann dies dadurch gekommen sein, dass der Ocker die Qu. allmälig verstopfte; es kann aber auch die Austiefung der Thäler dabei im Spiele sein.

Die Absätze des frühern Niveaus sind an manchen Stellen Kalksinter, während die jetzigen Qu. nur Ockerlager mit wenig kohlens. Kalk absetzen; dieser Kalksinter konnte aber von Qu. herrühren, die anfangs Eisenoxyd, im späteren Verlauf Sinter absetzten. Auch der umgekehrte Fall kommt hier u. da vor, dass nämlich Kalksinter von bedeutenden Ockerlagern bedeckt sind.

Inkrustirende Qu. verengen ihre Mündungen mit der Zeit zuweilen so, dass sie versiegen, die höhern Stellen verlassen u. sich neue Ausgänge suchen. Zur Erklärung mancher Sinter-Ablagerungen auf Höhen dient oft nur die Nähe von inkrustirenden Quellen. Man kann an solchen Orten sicher auf die Unzulänglichkeit der bestehenden Mündungen schliessen u. bei Anlegung neuer Oeffnungen hoffen, wärmeres u. ergiebigeres W. zu erlangen. Wärmeres W. erlangt man, wenn durch die neuen Oeffnungen der unterirdische Lauf abgekürzt wird u. damit die Abnahme der ursprünglichen Wärme vermindert wird.

Auf diese Weise wurde zu St. Nectaire eine karge Qu. von 40° zu einer reichlichen von 44° umgewandelt; zu St. Nectaire-en-Bas erhielt man so zwei reiche Qu. von 40° u. 44° statt einer kleinen von 35. Eine Qu. zu Royat gewann 2—3° Wärme dadurch, dass man ihr einige Meter tiefer unter der Sinterdecke einen Ausweg schaffte. (Nivet.)

Beziehungen zwischen der Höhenlage u. dem Reichthum an Bestandtheilen. Im Brohlthale zeigt sich im Allgemeinen eine Zunahme des Salzgehaltes der Säuerlinge mit der tiefern Lage derselben. Aehnliches wiederholt sich bei Landskron u. Roisdorf. Ebenso liegen die an Kohlens. so reichen M.Qu. zu Geilnau u. Fachingen u. die Thermen von Ems in dem am tiefsten eingeschnittenen Lahnthale. In dem weniger tiefen Thale des Emsbaches findet sich das an Kohlens. u. Chlornatrium so reiche Selterser Wasser. In den höhern Thälern dort trifft man eine grosse Zahl von Eisensäuerlingen. Auch in der Auvergne u. im Vivarais finden wir die an Chlornatrium u. andern löslichen Salzen reichsten M.Qu., wie Montdore, St. Nectaire, Vichy, Chaudes-aigues, Vals u. s. w., in tief ausgeschnittenen u. in Hauptthälern. Höher liegende Säuerlinge pflegen verhältnissmässig weniger lösliche Salze als unlösliche zu enthalten, wodurch der Eisengeschmack mehr hervortritt.

§. 42. Gestaltung der Quell-Mündung.

Die Gestalt der Mündung der Quellen kann verschieden an Breite, Länge, Tiefe u. Umrandung sein. Einige Quellöffnungen sind sehr geräumig u. höhlenartig oder schlundförmig. Ich habe schon derartige Höhlen u. Schlünde, woraus gemeine W. entspringen, an mehreren Stellen erwähnt. Aehnliche Quellschlünde finden wir seltener bei Thermen. Ein merkwürdiges Beispiel bieten die kohlensauren Thermen von Szliacs unweit Neusohl, die aus Trachyt kommen. Die 4 dortigen Spiegelbäder scheinen derselben Spalte anzugehören; im Bade I kann man das Senkblei 150 M. tief hinunterlassen, im Bade IV nur 34 M. tief. Die 4 Qu. geben 125000 K.M. W. jährlich. Häufig ist das Terrain, woraus eine Quellgruppe entsteht, vielfach durchlöchert, so dass eine grössere Zahl von Sprüngen daraus hervordringt, welche in näherm oder entfernterem hydrostatischem Zusammenhange mit einander stehen; wobei aber doch die einzelnen Sprünge in der Wärme u. im chemischen Gehalte nicht immer ganz übereinkommen. An solchen Orten ist dann gewöhnlich ein gewisser Bezirk, worin man überall auf Thermalwasser beim Nachgraben stösst; so ist es zu Aachen, Burtscheid, Wiesbaden, Karlsbad. Zu Wiesbaden gestattet ein durchlöchertes Lager von Quarzstücken, Thonschieferfragmenten u. dgl. dem warmen W. nach allen Seiten einen Durchgang. Zu Karlsbad ist dieser Quellraum von Sinter- u. Granitbreccie ausgefüllt; um denselben herum, wo der ganze Granit hervortritt, entspringen gemeine Wässer. Wo so vielfache Quell-Ausbrüche vorkommen, ist auch oft das Gestein faul u. morsch, obwohl auch das Gegentheil vorkommt, dass Thermen u. M.W. aus einem ganz unversehrten Gestein hervortreten. *) (Vgl. Hydro-Chemie, S. 160.) Auf dem Terrain der Aachener Kaiserqu., wo ein fester Kalk u. Thonschiefer zusammenstossen, hat vorzugsweise letzterer seine Festigkeit eingebüsst u. ist theilweise ganz morsch oder zu Thon verändert. Häufig bildet sich eine Versinterung der Quellmündung, gewöhnlich in Form von Hügeln, seltener in Gestalt von Gewölben. Wir haben diese Sinter-Bildungen schon ausführlich besprochen. (Hydrochemie §. 191.)

---

*) In der Nähe der Quellen von Luhatschowitz, auch der „mindern Qu. um Posnodore, bei Poslewitz in Malenisko“ ist der Sandstein, wie von Hitze rothgebräunt, hart (härter als sonst?) u. wie gespalten. (Verhandl. der Naturforscher-Vers. zu Bonn, 1857.)

Die Karlsbader Qu. entspringen aus einer derartigen, von verschiedenen Gewölben gebildeten Höhlung, deren oberste im Flussbette liegende Decke nicht selten von aussen verwundet oder vom W. zersprengt wird u. so zu den sogenannten Sprudel-Ausbrüchen *) Veranlassung gibt, wobei dann das W. seine gewöhnlichen, höhern Quellpunkte verlässt. Auch unter dem W.-Spiegel können sich an den Quellspalten Sinter, Ocker, Schwefeleisen u. dgl. Absätze bilden u. die Oeffnungen beeinträchtigen. Die Cementation des Terrains, welche von dem chemischen Inhalte gewisser Qu. verursacht wird, ist oft Ursache grosser Störungen der Ergiebigkeit, wie sich dies besonders an den Schwefelquellen der Pyreneen zeigt. Eine grosse Anzahl derselben kommt an der Berührungsstelle der feuerflüssig gewesenen Felsen u. der durch sie zerstörten Schichten hervor. Diese zerstörten Schichten enthalten Eisenoxyd, Kalk, Magnesia, Thonerde u. s. w., während die Thermen Schwefelmetall u. kiesels. Natron mit mehr oder weniger freier Kieselsäure führen. Durch den Einfluss des Schwefels auf das Eisenoxyd entsteht Schwefeleisen, welches die Eigenschaft eines Kittes hat. Zugleich bilden sich aber kiesels. Erdsalze, die wie Puzzolan energisch zusammenkitten. So bildet sich eine Verkittung, welche den Lauf der Quellen versperrt u. ihr Niveau allmälig erhöht, bis sich diese unter dem zu hoch gespannten Drucke neue unterirdische Wege suchen u. ganz vergehen. François beobachtete so an den Gruppen Bordeu u. Pré zu Luchon eine Niveau-Erhebung, die mehr als 15 Meter

*) Sprudelausbrüche. Wenn das heisse W. an einem neuen Orte sich durch die Sprudelschale einen Ausgang verschafft, was gewöhnlich durch eine plötzliche Sprengung geschieht, so wird das ein Sprudelausbruch genannt. Die natürliche Folge eines solchen Ereignisses ist die Verminderung des W. in den bestehenden Mündungen, indem durch das Entweichen von W. u. Gas die Triebkraft vermindert wird. Grössere Ausbrüche sind in den letzten Jahrhunderten fast alle 10 Jahre im Durchschnitt vorgekommen, ja sie gehören jetzt zu den stationären Uebeln. Zur Verhütung u. Bewältigung solcher Unfälle hat man seit langer Zeit ein Verfahren eingeführt, welches wesentlich in der periodischen Bohrung neuer u. der Reinigung der bestehenden Sprudelöffnungen (seit 1713), in der rechtzeitigen Handhabung einiger in der Sprudelschale angebrachten Sicherheits-Ventile (Zapfenlöcher), in der vorsichtigen Verkittung u. Verbauung der Brüche (mit Quadern, Säcken, Brettern) u. in Abwendung alles dessen besteht, was vor der festen Versinterung der letztern die Spannung der Dämpfe u. Gase vermehren könnte. Die allmälige Versinterung ist nämlich die natürlichste, sich aber oft Jahre lang hinziehende Heilung des Uebels. Es werden jetzt von 8 Oeffnungen 6 offen gehalten. Die meisten Ausbrüche ereignen sich etwas unterhalb des Sprudels in der Tepel an den tiefern Stellen der Sprudelschale, die mit dünnern (vom Eisgange abgeriebenen u. vom W. aufgelösten?), theils auch in frühern Zeiten aufgebrochenen u. schlecht versinterten Wandungen versehen sind. Um sie zu verhüten räth Mannl die Tiefe der Bohrlöcher zu vergrössern, da grade aus dem tiefsten Loche (15′ tief) der stärkste Strom hervordringt. (Cf. Dessen Monogr. 240–250 mit 2 Tafeln über die Ausbruchsstellen.) J. Ryba (Ueber die Sprudelausbr. in Prag. Jahrb. XLVIII, Misc. 1—10) räth den Sprudel auf die andere Seite näher seinem Ursprunge (?) zu versetzen, da er nicht glaubt, dass sich die Ausbrüche des räumlich nach u. nach eingeengten W. auf andere Weise verhüten lassen werden. Unter den lichtvollen Bemerkungen, welche Becher über die Sprudelausbrüche macht, ist die nicht unwichtig, dass hohe W.-Fluthen keine Ausbrüche veranlassen. — Siehe Taf. II, 3 eine Abbildung des jetzigen Verbaus der Sprudelschale in der Tepel. Die Jahreszahlen bezeichnen die Jahre, in denen das W. dort, wo die Zahlen eingezeichnet sind, zum Vorschein kam.

betrug. Nach der Aufdeckung mächtiger, so verkieselter Erdmassen, vermuthete François das ehemalige Vorhandensein von Schwefelquellen im Süden der jetzigen Thermen u. nahm darauf hin grosse Arbeiten vor, die eine Plejade herrlicher Quellen aufdeckten, welche in einer unbekannten Epoche sich durch unterirdische Gänge einen Abweg gesucht hatten, jetzt aber das Glück dieses Badeortes begründen. Aehnliche Thatsachen wurden zu Ax, Cauterets, Eaux-bonnes, Eaux-chaudes beobachtet u. benutzt.

Zuweilen breiten sich die Qu., wenn kein gehöriger Abfluss stattfindet, zu einem Teiche oder einem kleinen See aus; so entstehen der kalte Schwefelpfuhl Amsanctus, der warme Quellensee di Pietra, der Schwefelteich von Bassano, der laue Schwefelsee von Tivoli u. manche andere.*)

Nicht selten ist der aus der Zersetzung der Gesteine, welche bei der Quellöffnung liegen, erzeugte oder herbeigeschwemmte Thon die Ursache einer Verstopfung der Quellmündung.**)

§. 43. Wasserdruck am Anfange des Quelllaufes. Theorie der communicirenden Röhren.

> „Das Wasser geht allein auss der Erden biss an Tag, do ist es nuhn nimmer müglich ein Puncten weiter höher zu steigen, so es in der Erder schon auf 1000 Meil gestiegen ist, unnd weither müglich wer, so sie höher stünd. Drumb also der Baum vber sein höhi auch nicht wachst." Paracelsus.

Es gibt Quellen, darunter auch Thermen u. kalte Sauerwässer, die so viel Trieb nach oben haben, dass sie noch weiter, als ihr Austrittspunkt liegt, treiben (Springquellen), andere, die nur mit geringem Kraft-Ueberschuss den Ausgang passiren oder sogar nicht die Erdoberfläche aus eigenem Antrieb erreichen. In allen Fällen aber hat dieser Auftrieb eine gewisse Grenze. Staut man das W. bis zu dieser Grenze auf, so dass eine kleinere oder grössere W.-Säule über den Ausgang sich erheben muss, so hält die Last dieser W.-Säule dem Triebe nach oben das Gleichgewicht; die Qu. stockt u., wenn sie beim gewöhnlichen tiefen Abflusse Gasblasen entwickelte, pflegen diese zurückgehalten zu werden.

Als Ursache des Druckes, der bei aufsteigenden Quellen stattfindet u. namentlich bei den Wässern, welche, nach ihrer Wärme u. ihrem chemischen Gehalte zu schliessen, tiefe Punkte im Erdinnern berührt haben, nimmt man gewöhnlich einen höhern Stand des W. in einem Raume an, der mit der aufsteigenden Quellspalte nach Art einer communicirenden Röhre verbunden ist, so dass die Höhe, welche das W. in jenem Raume über dem Ausflusspunkte einnimmt, als Druckkraft wirkt, die um so bedeutender ausfällt, je grösser diese Höhe ist. (Vgl. §. 40.) Wie in communicirenden Röhren das Wasser sich in

*) Die eigenthümliche Form der Quellmündung bei den Geisern wird an späterer Stelle besprochen.

**) „Limus venas excaecat in undis
Laesaque suppresso fonte resistit aqua." (Ovid. Pont. IV, 2.)

Gleichgewicht setzt, so soll auch im aufsteigenden Theile des Quelllaufes das W. so hoch hinaufgetrieben werden können, als das Niveau im absteigenden Theile steht, u. nur das Dasein der Ausflussöffnung im aufsteigenden Theile Ursache sein, dass das W. die Höhe dieses Niveaus nicht ganz erreicht, so dass im absteigenden Theile ein Ueberdruck von W. stattfinde, welcher das Ausquellen unterhalte. Es würde also dabei eine W.-Ansammlung am Anfange des absteigenden Theiles (Taf. I, Fig. 7 A) nöthig sein, welche durch den Abfluss oder die Abflüsse (bei $T^{I} - T^{IV}$) nicht so erschöpft werden kann, dass sie keinen Ueberdruck ausüben könne.

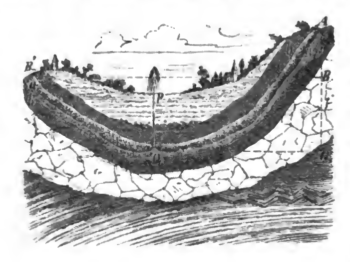


Fig. 5. Schichten-Durchschnitt.

Dass viele Qu. in dieser Weise gebildet werden, ist sehr wahrscheinlich, namentlich ist dies bei manchen artesischen Qu., die nicht Sauerwässer sind, ausgemacht u. scheint auch bei einigen Thermen der Fall zu sein; man hat sich aber dann die wasserdichten u. wasserdurchlassenden Schichten wohl meistens in Art eines Beckens, eines Kesselthales, gebildet vorzustellen, so dass das zwischen diesen Schichten, wie zwischen zwei ineinandergesetzten Schalen eingeklemmte W. durch eine künstliche oder natürliche Verletzung (Q) der obern wasserdichten Schicht einen Ausweg nach oben (P) finde, wenn die Erdoberfläche am Austritts-Punkte tiefer als das Niveau des W. zwischen den Schichten liegt.

Auch mögen öfters zwei in der Erdtiefe durch das Gestein verlaufende Spalten, die entweder gegeneinander zur Tiefe hin convergiren u. zusammenstossen oder beide in eine wasserdurchlassende Schicht der Tiefe auslaufen, eine Art Verbindung herstellen, die man mit einer communicirenden Röhre vergleichen kann.

Ich kann mich aber weniger mit der allgemein verbreiteten Vorstellung befreunden, dass eine Schichtenlagerung in gebogener Form, etwa in Beckenform oder in der Art mehrerer in gleicher Richtung übereinander liegenden u. winkelig (V-förmig) gebogenen Papierstreifen, eine absteigende u. eine aufsteigende Röhre bei vielen natürlich gebildeten Quellen hergestellt habe. Die flächenartige Ausdehnung der Schichten ist wenig dazu geeignet, röhrenförmige, d. h. seitlich geschlossene Quellspalten zu bilden; jene Schichten laufen vielmehr gewöhnlich nicht blos an einer Stelle, sondern meistens an vielen an der Erdoberfläche aus u. würden dann an allen diesen Punkten das W. austreten lassen, etwa so, dass bei einer beckenförmigen Gestalt der permeablen Schicht eine halbkreisförmige Anordnung der Quellen entstehen müsste. Es würde sich mit einer streifenförmigen Gestalt der V-förmig gebogenen Schichten eher eine Vorstellung zweier communicirenden Röhren gewinnen lassen, aber nur unter der Bedingung, dass die wasserdurchlassende Schicht seitlich von wasserdichter Masse abgedämmt wäre. Eine solche seitliche Abdämmung müsste

aber bei den Thermen, deren Gänge in bedeutende Tiefen hinabreichen, sich weithin erstrecken u. einen ungeheuren W.-Druck aushalten können; ein Umstand, wovon nicht wahrscheinlich ist, dass er häufig stattfinde.

Es ist aber immerhin die Theorie der communicirenden Röhren zur Erklärung mancher Quellverhältnisse nöthig.

Die Qu. des Baches Kali Beneng in der Residenz Kadu auf Java, welche in mehreren grossen Becken mit so bedeutender Gewalt hervorbricht, dass grosse Steine mit in die Höhe getrieben werden, entspringt fern (?) von allen Bergen auf einem verflachten Mittelrücken zwischen zwei tiefern Stellen, so dass nur anzunehmen ist, sie komme aus viel höhern Regionen der benachbarten Vulkane in heberförmigen (?) Kanälen. Vgl. §. 29 u. 30 (Qu. auf Inseln u. Bergen).

Wenn aber die Stellen, wo der W.-Vorrath sich befinden soll, welcher den Druck ausübt, den Ausgangspunkt der Qu. nicht kreisförmig umgeben (S. 133), hat man wohl weniger an eine flächenartig abwärts u. wieder aufwärts fortstreichende wasserdurchlassende Schicht als an Quellspalten zu denken, die vom Eintrittspunkte u. vom Quellpunkte in die Tiefe gehen u. sich hier, etwa in einem zerklüfteten Gebirgstheile, vereinigen.

Hat der W.-Behälter am Anfange der Quellwege keinen Ueberlauf, so dass das W. immer dasselbe Niveau einhält, oder keine solche räumliche Ausdehnung, dass die von der Unregelmässigkeit der atmosphärischen Niederschläge herrührenden Verschiedenheiten im Wasserstande verschwindend klein werden u. die Abnahme des W. durch den Quellabfluss unmerkbar wird, so muss die Qu. von wechselnder Ergiebigkeit sein.

§. 44. Verschiedenheit des Wasserdrucks am Ende der Quelle.

Der W.-Druck im aufsteigenden Theile der Quellspalte lässt sich künstlich abändern. Man vermehrt ihn, wenn man die Quellenmündung mit einer wasserdichten Umgebung (Dämmen, Brunnenraum, aufgesetzten Röhren) umgibt. Das W. nimmt dann seinen höchsten Standpunkt ein u. hält endlich der Kraft, welche es in die Höhe treibt, das Gleichgewicht.

Eine Verminderung des Wasserdrucks im aufsteigenden Quellraume wird bewirkt, indem man den freien Abfluss tiefer legt oder die W.-Säule am Ende des Quelllaufes durch Ausschöpfen oder Pumpen verkleinert. Je nach der Grösse der Ausflussöffnung der Qu. u. je nach der Gewalt, mit welcher das W. vorgedrängt wird, wird die Höhe des Wasserstandes mehr oder weniger schnell vermindert. Ist die erniedrigte Abflussöffnung weiter als die unter ihr liegende Quellspalte, so wird der Wasserspiegel bald bis zum Niveau dieser Oeffnung hinabsinken; ebenso muss der Spiegel des W. sinken, wenn durch Schöpfen mehr W. entfernt wird, als die Felsspalte ausgiessen kann. Bei den Sauer-Qu. hält es im Allgemeinen sehr schwer, den Spiegel durch Schöpfen (Pumpen) zu erniedrigen. *)

*) Eine dauernde Erniedrigung des Abflusses durch Tieferlegen desselben scheint im Allgemeinen von Vortheil für diese Art von Quellen zu sein. Das Gas u. mit ihm das W., strömt reichlicher nach oben. Während früher z. B. die Rois-

Auch solche Qu., welche nicht zu den Sauer-Qu. gehören, bei denen also nicht die Hebung des W. durch die Gase, sondern wo nur der Druck des W. zu berücksichtigen ist, wird es oft sehr schwer, den Stand desselben zu erniedrigen, weil der Zufluss um so stärker wird, je tiefer es fliesst. Darum wird auch in einem ausgepumpten Brunnenraum, in den das W. von unten zu mit Ueberdruck einfliesst, das Ansteigen des W. unten am schnellsten geschehen, aber um so langsamer, je höher dasselben aufsteigen muss, vorausgesetzt, dass der Quer-Durchschnitt des Brunnens überall gleich gross ist. Die Schnelligkeit des Ansteigens hängt von der Räumlichkeit des Brunnens u. der Ergiebigkeit ab, die Ergiebigkeit von der Grösse der Quellspalten *) u. dem Drucke, unter dem das W. steht, der Druck aber von der Höhe, den der W.-Spiegel des die Qu. speisenden Reservoirs über dem Spiegel der Quellmündungen hat. Die Geschwindigkeiten des ausfliessenden Wassers verhalten sich bei gleicher Ausfluss-Oeffnung wie die Quadratwurzeln aus den Druckhöhen. Es wäre also leicht, die Ergiebigkeit einer Qu. auf jeder Ausflusshöhe zu berechnen, wenn man die Druckhöhe kännte u. die Ergiebigkeit an einem bestimmten Punkte unter dem W.-Spiegel, vorausgesetzt, dass der Druck constant bleibe, was für viele reichliche Qu. angenommen werden darf. Die Druckhöhe ist aber bei natürlichen Quellen nicht leicht zu erfahren. Findet der Ueberdruck in einem mit der aufsteigenden Quellspalte nach Art communicirender Röhren verbundenen Raume statt, so muss das W. auch in der Quellspalte oder in deren Verlängerung so hoch steigen wie in jenem Raume. Das Experiment, wie hoch sich das W. aufstauen lässt, zeigt also die Höhe des W.-Spiegels in diesem Raume an. Nur ist dabei zu beachten, dass, wenn die Umgebung der Quellspalte locker ist, W. verloren geht u. die Qu. nicht so hoch gespannt werden kann, als es bei gehörig dichter Umgebung möglich wäre. Vor allem tritt solcher Berechnung der Ausfluss-Menge der Umstand hindernd in den Weg, dass die aus der Quellmündung fliessende W.-Menge nicht blos unter dem constant bleibenden Drucke einer entfernten W.-Ansammlung steht, sondern auch unter dem wechselnden, von der Grösse des Ausflusses abhängigen Drucke naher, kleinerer, erschöpfbarer W.-Ansammlungen, welche in einem Theile der Verzweigungen der Ausflussspalten sich aufhalten u. dass wir überhaupt bei natürlichen Quellen von der W.-Masse, die an irgend einem Punkte ausfliesst, nicht sagen können, dass sie auf Nebenwegen keinen Verlust erlitten habe. Dieser Verlust wird jedenfalls um so bedeutender, je höher die Qu. aufgestaut u. angespannt wird. Darum haben alle solche Berechnungen der Ergiebigkeit einer Quelle ihre schwachen Seiten. Berechnet man die Ergiebigkeit einer tiefern Stelle aus der einer höhern u. aus der Lage der Grenze, bis wohin das W. aufgestaut werden kann, so erhält man für die

---

dorfer Qu. nur von Zeit zu Zeit ein Gasbläschen aufsteigen liess u. das wenige W. einen matten Geschmack hatte, hat sich der Wasserreichthum u. zugleich die Kohlensäure, nachdem der Abfluss fast um 3′ erniedrigt worden, so vermehrt, dass die Kohlensäure das W. jetzt in einem fast ununterbrochenen u. ziemlich bedeutenden Strome durchzieht.

*) Es wird hier abgesehen von dem Hinderniss, welches das Fliessen des W. durch die Krümmungen der Quellgänge erfährt.

tiefere Stelle zu viel, wenn die Druckhöhe zu niedrig gefunden wurde, zu wenig, wenn die Ergiebigkeit der höhern Stelle zu gering gefunden wurde.

Es lassen sich viele Beispiele von Qu. anführen, deren Ergiebigkeit bei tieferm W.-Spiegel stärker ist, als bei höherm. Die Thermen von Aachen zeigen dieses Verhalten sehr deutlich. Der dortige Quirinusbrunnen ist mit mehreren Pumpen fast nicht leer zu machen; u. um eine neue Einfassung der Rosenqu. anlegen zu können, mussten grossartige Schöpfmaschinen aufgestellt werden. Die Kaiserqu. gab bei grosser Leckheit ihrer Einfassung 180 K.M. an ihrer gewöhnlichen Ausflussstelle, dagegen 420 an einer tiefern Stelle. Lässt man die Aachener Hauptquellen an den möglichst tiefen Punkten ausfliessen, statt an den gewöhnlichen, wo das W. in die Bäder läuft, so strömen sie gewaltsam wie rauschende Wasserfälle. Hemmt man ihren tiefen Abfluss wieder durch Einsetzen der Grundzapfen, so füllt das W. sehr schnell den unteren Theil des Quellbassins, langsamer den obern Theil. Ein neulich an der besser gefassten Kaiserqu. gemachter Versuch ergab für einen gewissen Punkt einen stündlichen Abfluss von 18,61 K.M., 6 Zoll tiefer 20,65, noch 6 Zoll tiefer 22,11 K.M.; u. als man die Brunnenwände ein paar Fuss aufgemauert hatte, stieg in einem spätern Versuche das W. in den

ersten 7 Minuten um 10", in den fernern
7 „ „ 6", „ „ „
16 „ „ 2½";

wobei aber zu bemerken, dass die Verluste bei der Anspannung immer bedeutender wurden. — Eine heisse Quelle zu Burtscheid, welche 4 K.M. Wasser stündlich liefert u. in einem Bassin von 3120 Quadratzoll Querschnitt aufsteigt, stieg beim Ansteigenlassen des W. sogleich nach dem Auspumpen, wobei der Wasserstand jede halbe Minute notirt wurde, in den

2 ersten	Minuten	66	Linien,	in den
2 folgenden	„	42	„	(Unterschied —24)
2 „	„	48	„	(„ +6)
2 „	„	42	„	(„ —6)

in der spätern Minute 18 Linien. Der Zufluss ist also hier bei niederm Wasserstand nur wenig stärker als bei einem etwas höhern. In den ersten 5 Minuten stieg das W. um 11 Zoll, in den weitern 5 nur 7 Zoll. — Auch zu Baden im Aargau hat man einige solcher Experimente angestellt. Die Limmatqu. gab am Spiegel des Flusses 125 Maass die Min., 16′ höher, wie sie jetzt steht, nur 92¼; 1′ tiefer schon 5 Maass mehr. Bei der neuen Ochsenqu., der höchst gelegenen Qu., soll ein Unterschied der Abflusshöhen von 9′ Mengen-Verhältnisse von 9: ca. 20 geben. Eine kleinere neben ihr liegende Qu. hört auf, wenn sie auf gleiche Höhe mit jener gespannt wird. Das um 18′ erniedrigte Niveau der Qu. des Goldenen Löwen liess sich auch mit Pumpen, die wohl 200 Maass in der Min. wegzogen, obwohl sie in der gewöhnlichen Höhe, 30′ über ihrem Ursprunge, nur 59 gibt, nicht tiefer bringen.

Der Rollmannsbrunnen bei Heeren in Westphalen, dessen Hängebank 203′ ü. M. liegt, lieferte (1851), wenn man ihn bei 199,6′ Meereshöhe abliess, 32,25 K.F. Soole in der Minute. Setzte man Röhren auf, so flossen

bei 205,6′ 26,58 K.F. aus
„ 211,6′ 20,37 „
„ 217,6′ 13,62 „ u. bei 228,5′ gar nichts mehr.

Es floss hier in der Tiefe viel mehr W., als sich aus der Rechnung ergeben würde, der man die Ergiebigkeit bei 217,6′ oder 211,6′ u. eine Steigkraft bis 228,5′ zu Grunde legen würde.

War an der Ferdinandsquelle zu Marienbad 3 bis 4 Stunden gepumpt worden, wodurch die Wassersäule bis auf 12 Zoll von unten erniedrigt wurde, so stieg das W. in den

2 ersten	Minuten	108	Linien,	in den
2 folgenden	„	66	„	(42 Unterschied)
2 „	„	45	„	(21 „)
2 „	„	36	„	(9 „)
2 „	„	30	„	(6 „)
4 „	„	48	„	

dann immer langsamer in

5	Minuten	35	Achtel Zoll
5	"	30	" "
7	"	35	" "
7	"	28	" "
12	"	36	" "
27	"	54	" "
42	"	42	" " .

Der Marienbader Kreuzbrunnen stieg nach geschehener Entleerung des Brunnenraumes beim ersten Versuche

(in der ersten Stunde 72 Linien) in den

2	ersten Stunden	120	"	
2	folgenden "	83	"	(Unterschied 37)
2	" "	68	"	(" 14)
2	" "	53	"	(" 13)
2	" "	47	"	(" 4)
2	" "	37	"	(" 10).

Im zweiten Falle stieg das W. die

6	ersten	Zoll in	60	Minuten, die	
6	folgenden	" "	90	"	(Unterschied 30)
6	"	" "	110	"	(" 40)
6	"	" "	130	"	(" 20)
6	"	" "	190	"	(" 70)
(3	"	" "	96	").	

Reuss fand bei den Marienbader Kreuzbrunnen (I), Karolinenbrunnen (II), Ambrosiusbrunnen (III), ein Steigen von Zollen in den bezeichneten Zeiten von unten angefangen:

I			II			III		
6"	12 Min.	1 Sec.	6"	5 M.	4 S.	5"	4 M.	16 S.
6"	21 "	37 "	6"	10 "	48 "	6"	9 "	30 "
6"	33 "	17 "	6"	13 "	42 "	6"	12 "	57 "
3"	24 "	27 "	6"	16 "	34 "			

Bei der Fassung der Franzensbader Wiesenqu. trat bei einer Grubentiefe von 10′ u. 4 Klaftern Breite eine solche Menge von Qu. hervor, dass 8 grosse Pumpen u. eine Schnecke 1⅛ K.M. W. in einer Minute zur Höhe fördern mussten um die neue Qu. fassen zu können u. trotz dieser ungeheueren W.-Masse, welche durch so lange Zeit bei dieser Fassung entfernt wurde, änderte sich der Ablauf der nur 70 Klafter davon zu Tage gehenden Salzqu. gar nicht.

Wird das W. im Hauptbrunnen von Pyrmont ausgeschöpft, was in ein paar Minuten geschehen kann, so steigt es in 16 Minuten wieder grade auf seine vorige Höhe. Es steigt in den

3	ersten	Minuten um	12	Achtel Fuss,
3	folgenden	" "	6	" "
3	"	" "	3	" "

dann immer langsamer. Das ganze Becken hält nur 32 K.F. Wasser.

Im J. 1827 versuchte eine Gesellschaft, die Quellen des Pferdebades in der Lahn zu Ems zu fassen. Nach vielen vergeblichen Versuchen gelang es, in dem 12′ tief durch den losen Grund bis auf festere Flussgeschiebe, die durch krystallisirten kohlensauren Kalk zu einem Conglomerate verbunden sind, eingegrabenen Bassin das mit Gewalt eindringende Thermalwasser zu gewältigen. Fünf Tage u. Nächte waren die Anstrengungen von 142 Menschen u. 24 Pferden nothwendig, um mittels einer Rossmaschine, einer Schaufelschnecke u. 6 Pumpen das Bassin bis zum Grunde leer zu pumpen. Auf dem Boden des eingegrabenen Bassins kamen unzählige grössere u. kleinere Qu. hervor, von welchen die 8 stärksten, jede für sich, gefasst wurden. Das W. dieser Qu. hat eine Temperatur von 57°5—58°7 C. u. sie geben eine viel grössere Menge W. als die sämmtlichen Qu. auf dem rechten Lahnufer zusammen. Während die W. in dem ausgegrabenen Bassin niedergepumpt waren, zeigte sich in den Qu. des rechten Lahnufers, sowohl hinsichtlich des W.-Standes,

als der Temperatur nicht die geringste Veränderung. Nach beendigter Fassung ergab sich, dass die Quellen kaum 2 Zoll über den Lahnspiegel stiegen.

Eine erbohrte Qu. zu Neuenahr hatte folgende Ausflussmengen in der Minute: bei 3" unter dem damals normalen Stand: 0,779 K.F., bei 6": 0,959, bei 9": 1,178, bei 12" 1,434 K.F. (Mittel der Maxima u. Minima).

Man hat sich die Frage gestellt, ob eine M.Qu. oder Therme dadurch, dass man sie gewaltsam an einer tiefen Stelle abfliessen lässt (oder sie mit grosser Gewalt z. B. mit Dampf auspumpt) erschöpft werden könne, ob sie nach u. nach ärmer an W.-Masse werde. Die Erfahrung bietet uns wenige Anhaltspunkte, um diese Frage zu beantworten. *)

Die Ferdinandsqu. zu Marienbad gibt am gewöhnlichen Abflusse jährlich an 526600 K.F. W. = 16600 K.M.; 10—12 Taglöhner konnten sie mit 3 Saugpumpen in 3—4 Stunden trotz aller Anstrengung nicht unter 12 Zoll vom Boden bringen. Bliebe sich der Zufluss der W.-Masse bei jeder Höhe des Spiegels gleich, nämlich 1 K.F. in der Minute, wie er jetzt in der Höhe des Ablaufes ist, so müsste sich der ganz ausgeschöpfte Ständer in 58 Min. füllen; dem ist aber nicht so. Es bedarf 124—165 Min., ehe der Ständer, wenn das W. nur bis auf 12 Zoll erniedrigt ist, wieder eben so voll ist, wie vor dem Versuche; dabei steigt das W. um 62". Der ganz entleerte Ständer würde sich also erst in einem noch längern Zeitraume füllen. Da aber der Zufluss des W. bei der Qu. im umgekehrten Verhältnisse zur Höhe der W.-Säule im Ständer steht, so ist dieses Resultat um so auffallender, weil der Zufluss der erniedrigten Qu. viel mehr als 1 K.F. in der Min. betragen muss. Es ist hier aber eine Art Erschöpfung des Zuflusses im Spiele. Setzt man nämlich das Pumpen länger fort, so vermindert sich die Geschwindigkeit des Zuflusses bei gleicher Höhe der W.-Säule in progressivem Verhältnisse, ja diese verminderte sich nach zweistündigem Pumpen sogar bis auf den 12. oder 15. Theil des ursprünglichen Zuflusses vor der Zeit des Pumpens. Diese Verminderung trat um so früher ein, je mehr W. ausgepumpt wurde. Nach 3—4stündigem Pumpen stieg die W.-Säule im Mittel aus 4 Versuchen in der 1. Min. um 5", in der 3. um 3", in der 5. um 2", in der 11.—14. um je 1", in der 32.—38. um 1/2", in der 51.—77. um 1/4", in der 78.—119. um 1/8", in der 120.—132. um 1/16". In 50 Min. war die W.-Säule also nur um 48 1/4" gestiegen, in 77 Min. um 55". Unmittelbar nach dem Pumpen war das W., wohl durch Zufluss von Süsswasser, bedeutend ärmer an freier Kohlensäure geworden u. hatte 5 gr. von 73 gr. des Salz-Gehaltes verloren. Ergiebigkeit der Qu. u. Reichthum an Gas u. Salz fanden sich 20 Stunden nach dem Pumpen wieder völlig hergestellt. (*Kratzmann Ferdinandsbr. 1858.)

Bei der im J. 1785 geschehenen Fassung des Bockleter Sauerbrunnens genügte anfangs 1 Pumpe; je tiefer man kam, um so mehr Pumpen waren erforderlich, endlich 6. In 80 Tagen, während wenigstens 3 Pumpen unaufhörlich gingen, wurden ca. 11800 Fuder W. ausgepumpt. Je näher man den Quellen kam, je hinderlicher wurde der Gasstrom. Die Schwierigkeit der Arbeit in 27' Tiefe war ungeheuer. Am 18. Dez. wurde mit der Arbeit aufgehört. Die Quellen aber fingen erst den 20. d. M., wiewohl langsam, wieder an. *Schriftchen von 1793.

Die Geschwindigkeit des W. beim Ausflusse ist oft sehr bedeutend, aber selten bei andern Qu. als bei artesischen Brunnen gemessen worden; wir werden an einer spätern Stelle davon reden.

An manchen Orten treten süsse W. mitten im salzführenden Terrain auf, namentlich in der Nähe grosser Salzseeen. Russegger glaubt, dass diese Qu. tief unter dem salzführenden Boden ihren Ursprung nehmen, u. mittels starken

*) Die Hauptqu. von Bex, welche, so lange v. Haller Salinen-Inspektor war, beständig dieselbe Menge W. in der Stunde gab, producirte, als später Wild sie abmass, ein Drittel weniger; von 1684—1785 hatte man die Ausflussöffnung 12 mal erniedrigt, so dass das letzte Bohrloch 480 par. F. tiefer zu liegen kam. (*Saussure Voy. dans les Alp. IV, 1786.)

Hochdrucks die Kanäle schnell passiren, die sie sich durch die salzführenden Straten hindurch zu Tage gebahnt haben. Ihre nächste Umgebung hätten sie längst ausgelaugt; in entferntere salzige Schichten zu gelangen, wären sie durch ihr schnelles Empordringen verhindert. In den Steinsalzwerken von Wieliczka liegt eine Süsswasser-Qu. mitten in den Salzmassen; am Jedadnizi (Georgen) springt eine ergiebige Süsswasser-Qu. aus einem mit Salz geschwängerten Felsen. *)

Die Gewalt, welche der aufsteigende W.-Strahl hat, ist oft so bedeutend, dass er in die Mündung gelegte Steine in die Höhe wirft. Am meisten Gewalt pflegen die Qu. zu haben, welche durch die Spannung von W.-Dampf oder durch Gase in Bewegung gehalten werden.

§. 45. Hydrostatischer Zusammenhang der Quell-Adern unter sich oder mit fremdem Wasser.

Es erscheint ganz natürlich, dass die verschiedenen Abzweigungen derselben Qu. in hydrostatischem Zusammenhange miteinander stehen, so dass eine Erhöhung oder Erniedrigung des W.-Standes in einem Zweige von einer gleichmässigen Bewegung in den andern Zweigen gefolgt ist. Wird in jenem das W. aufgestaut, so muss es zu den andern Oeffnungen hingehen, wird es ausgepumpt oder lässt man es in grösserer Menge an einer tiefern Stelle fliessen, so tritt dafür ein Mangel an den andern Ausflüssen ein. Je schneller dieser gegenseitige Einfluss der Quell-Adern eintritt, um so grösser u. kürzer muss die Verbindung zwischen ihnen sein; wo er eine längere Zeit erfordert, ehe er sich offenbart, sind entweder die Verbindungskanäle weit von der Erdoberfläche entfernt oder sehr beschränkt. In Bezug auf diese Verbindungen bemerkt man öfters Eigenthümlichkeiten, die man nicht erwarten sollte u. der Connex der Quellen richtet sich nicht immer nach der Nähe der Ausbruchsstellen. Chemische u. physikalische Differenz der Quellen verhindert nicht ihre unterirdische Communication.

Am Fusse der Landskron entspringen zwei Säuerlinge, Heppingen u. Landskron, etwa 10 Schritte von einander, zwar von sehr ähnlicher Mischung, doch in der Art verschieden, dass die eine so eisenfrei ist, wie es selten M.Qu. sind, während die andere ziemlich eisenhaltig ist u. dass zwischen beiden ein kleiner Temperatur-Unterschied besteht. Nichts desto weniger sinkt der W.-Spiegel in der entfernter vom Bergabhange gelegenen Qu., wenn in der ihm nähern das W. ausgepumpt wird. — Wird der grosse Behälter des Kaiserbades zu Ofen entleert, so sinkt der Spiegel des Bruckbades, so gewaltig auch dessen tägliche W.-Masse ist (72—120000 K.M.), u. der Spiegel des weniger wasserreichen Raizenbades (1670 K.M.), ohne dass aber hier das W. ganz versiege; dasselbe geschieht im nahen Königsbad; das weiter entfernte Blocksbad (2500—7000 K.M.) ist ganz unabhängig. — So hängen auch die Aachener Thermen, obwohl sie chemisch nicht ganz gleich sind, u. noch mehr der Temperatur nach von einander abweichen u. örtlich zum Theil weit entfernt sind, in der Tiefe innig mit einander zusammen. Gestattet man einer derselben am tiefsten Punkte des Brunnen-Gehäuses abzufliessen, so strömt das W. mit grosser Gewalt fort u. zieht sich alles W. auf diesen Ausgangspunkt hin, wodurch in ganz kurzer Zeit die andern Qu. in ihren Brunnen zurücksinken u. nicht mehr in die Bäder fliessen. Durch die Unterdrückung der zahlreichen, auf dem Terrain des Kaiserbades vorkommenden Ausbrüche mit einer wasserdichten Sohle u. die röhren- oder brunnenförmige Einfassung der stärkern Ströme, in der Art, dass

*) *Herodot (IV) erwähnt eine süsse u. kalte Qu., die aus dem Scheitel von Hügeln mitten aus dem Salz in der Nähe der Ammonsquelle entspringen soll.

sie nicht mehr abfliessen konnten, wurde das W. der Kaiserqu. fast um das Doppelte vermehrt u. erreichte eine grössere Steigkraft als je zuvor.

Zu Baden in der Schweiz hat man einen ähnlichen Zusammenhang der verschiedenen Qu. untereinander durch Messung gefunden. Besonders nachtheilig wirken nahe Qu. aufeinander. Die Aufstauung einer Qu. wirkt, indem ihr eigener Abfluss sehr vermindert wird, etwas vermehrend auf die andern, besonders auf die tiefgelegenen. Jeder neue Abfluss, der aus grosser Tiefe gewonnen wird, vermehrt aber die W.-Menge.

Findet zu Karlsbad ein Sprudel-Ausbruch durch die Sinterdecke statt, so fällt sehr schnell das Niveau der übrigen Brunnen. Als im J. 1809 eine neue grosse Oeffnung in der Sprudelschale entstand, fing schon 2 Stunden nachher der am höchsten gelegene Schlossbrunn an langsamer u. kühler zu fliessen u. setzte bald vollständig aus; am Theresienbrunn merkte man die Schwächung an W.-Menge u. Temperatur erst 11 Tage nach diesem Ausbruche. Erst 1823 war man so glücklich, den Schlossbrunn 1,5 M. unter seinem frühern Niveau anzutreffen.

Zuweilen werden kalte oder warme Quellen von Süss-W. oder Salz-W., die in der Nähe des Meeres liegen, wasserreicher zur Zeit der Fluth u. weniger ergiebig zur Zeit der Ebbe, oder die Zeiten ihres Anwachsens u. Abnehmens folgen bald auf die Stunden der Fluth u. der Ebbe. Der Zusammenhang zwischen Meer u. Qu. ist dabei wohl selten in der Art, dass das Meer-W. sich mit dem Quell-W. vermische oder dasselbe emporhebe, sondern meistens verdeckt das Meerwasser bei eintretender Fluth einen Theil der Quellausbrüche, die bei der Ebbe frei bleiben u. verhindert durch die darauf lastende W.-Säule den Ausfluss, wofür dann der Ausfluss der landeinwärts gelegenen Quellen sich verstärken muss.

Die Literatur hat viele Beispiele von derartiger Communication der Quellmündung mit dem Meere. Nach Robert (l'Institut 1842, No. 429) sind auf der westlichen Küste von Island Süsswasser-Qu., die mit der Ebbe u. Fluth fallen oder steigen, z. B. bei Budir, u. nach Olafsen u. Powelsen sind im Distrikte von Skaga-Fjördr Thermen, die zur Zeit der grössten Ebbe stets trocken liegen. Auf der Keeling-Insel im Indischen Ozean liegen derartige Brunnen mit Süss-W., das mit der Meeres-Ebbe fällt, mit der Fluth steigt, wie überhaupt in einigen Theilen Westindiens steigende u. fallende Brunnen gewöhnlich sind. (Darwin Naturw. Reis. II. 238.) *) Andere kommen in den vereinigten Staaten vor. — Ausonius besang eine solche Qu., die bei Burdegala in Gallien fliesst. Nach *Bacci (VI) ist in Portugal ein mit dem Meere aufwallender See u. ein zweiter gleicher Art beim Berge Chaves. Derselbe Schriftsteller erklärt die Eigenheiten solcher Qu. beim Dorfe Goudenun (in agro Pictaviensi) u. in Varins bei Saumur durch den wechselnden Gegendruck des Meeres. Auch das Dianenbad in Eleusis, obwohl wenig salzreich, hält regelmässige Ebbe u. Fluth. Ein 97 M. tiefer artesischer Brunnen zu Fulham an der Themse gibt zur Ebbe 60, zur Fluthzeit 80 Gallonen in der Minute. In einem 51 M. tiefen Bohrbrunnen zu Noyelle-sur-Mer steht das W. zur Ebbezeit 6 F. unter Tage, bei der Fluth im Niveau des Bodens. Aehnlichen Oscillationen sind die artesischen Brunnen zu Abbeville, Dieppe u. Montreuil ausgesetzt. Dass in allen diesen Fällen das Faktum des mit der Meeresfluth gleichzeitigen u. davon abhängigen Anwachsens der Quellen gehörig constatirt sei, kann bezweifelt werden, namentlich wenn die W., wie bei den folgenden Fällen, eine hohe Lage einnehmen. „Est inter caetera Lusitaniae prodigia ille cumprimis lacus admirandus in vertice montis Erminii, qui teste Ant. Vasconzello Societatis nostrae theologo in Descriptione Lusitaniae, eius naturae est, ut aestuante Oceano et ipse

*) Darwin nimmt an, dass der zusammengedrückte Sand oder poröse Korallenfels wie ein Schwamm wirke u. dass das Regen-W. auf dem Salz-W. schwimme.

pariter exaestuans intumescat.... Idem de mirifico puteo juxta monasterium S. Hieronymi totum cum cellis et habitaculis in rupe excisum in monte Sintra, in quo aquae ad aestum maris intumescunt." (Kircher.) Der Gewährsmann, den Kircher hier anführt, ist, wie aus andern Erzählungen hervorgeht, sehr leichtgläubig.

Die Abhängigkeit des Wasserstandes in Brunnen mit der Höhe der Meeresfläche kann sich auf weite Strecken bemerkbar machen. Zu Givre (Giore?), Canton Moutiers les Maux, Vendée, 18 Kilometer vom Meere fliesst eine salzige Qu. während der Fluth reichlich u. versiegt bei der Ebbe. (Compt. rend. IX, 553.) Sogar 8½ geogr. Meilen vom Meere entfernt, zu Lille, bekundete eine Qu. eine Abhängigkeit von der Ebbe u. Fluth; die beobachteten betreffenden W.-Höhen in der Qu. waren 1,96 u. 1,39 Meter, die Ergiebigkeiten 33 bis 64 Liter in der Minute; das Maximum trat etwa 8 Stunden nach der höchsten Fluth zwischen Dünkirchen u. Calais ein; die grössten Veränderungen fanden in den Syzygien, die schwächsten in den Quadraturen statt. (Compt. rend. 1842, XIV, 310.)

Ein solcher Zusammenhang von Thermen mit der Höhe des Meeresspiegels, wie in Island, machte sich schon zu Lebzeiten des Plinius am Ausflusse des Timavus bemerklich. „Contra Timavum amnem insula parva in mari est cum fontibus calidis, qui pariter cum aestu maris crescunt minuuntque. (H. N. II, 103.) „Clarae ante ostia Timavi calidorum fontium cum aestu maris crescentium." (III, 26.) Es lagen die Thermen, von denen hier die Rede ist, bei Monfalcone (Illyrien, Gouv. Triest), das jetzt 1¼ Stunde vom Meere entfernt ist, nahe an den Mündungen des mächtigen, salzigen (nach *Falloppi immer Süss-W. führenden) Bergstromes Timavo, welcher aus einer unerforschten, tiefen Berghöhle hervorströmt. Diese Thermen kommen jetzt am Fusse eines Kalkfelsens hervor u. sind zur Zeit der Fluth 38°7 warm u. dann wärmer u. häufiger als sonst, nach anderer Nachricht constant 36—38° warm. Sie sollen enthalten Kochsalz 88, Chlormagn. 16, Gyps 6,9, kohlens. Magn. 8,1, kohlens. Kalk 7,2 Z.T. (oder gar 146 F. G. nach einer Analyse vom J. 1804); ferner Schwefel- u. Kohlenwasserstoff, keine Spur CO^2. Ihre Mischung stimmt also ziemlich mit der des verdünnten Seewassers überein: sie enthalten aber mehr Kalk als dieses. Zur Zeit Falloppi's richtete sich nicht blos die Therme, sondern auch der Fluss mit seiner Qu. nach dem Meere, welches nach seiner Meinung ins nahe Gebirge wie in einen Schwamm durch viele Höhlen eindringt,

„Unde per ora novem magno cum murmure montis
It mare praeruptum, et pelago premit arva sonanti." (Virgil.)

Das Bad war schon damals 2 Meilen von der Mündung des Timavus entfernt, 14 Meilen vom Castel St. Cantiano, wo ein starkes W. an einem sehr hohen Berge sogleich wieder in die Erde verschwindet. Diesen Sprung hält Falloppi für den wahrscheinlichen Ursprung des Timavus. Es besteht noch ein Bad an dieser Therme, trotz der sumpfigen Umgebung des Ortes.

Sollte der Mond, der doch die Fluth des Meeres veranlasst, auch auf gewisse Quellen von Einfluss sein? „In regno Cambajae orientalis Indiae deficiente luna fontes quidam excrescunt, minuuntur plena luna, ut tradit L. Barthema de rebus Ind. l. I, c. 1. Ex aestu maritimo id videtur accidere, qui plerunque valet lunae interstitio. Sinus enim intra ejus terrae viscera magnis lacis (sic!) stagnisque scatent, qui magis deficiente luna permoventur, quam plena: ideo longe magis permoti scaturiginem fontis adaugent, cum e diverso luna plena quiescant magis ac propterea minor fiat scaturigo." (Simon. Majoli Episc. Vult. Dier. canic., coll. 13 de fontibus.)

Es möge bei dieser Gelegenheit auch die entgegengesetzte Wirkung der Meeresbewegungen auf die Quellen erwähnt sein, obwohl das ursachliche Verhältniss ein anderes zu sein scheint. Bei einigen Quellen finden nämlich, rücksichtlich der Einwirkung des Meeres, Abweichungen von der Regel statt; ihr W. fällt bei der Fluth u. steigt bei der Ebbe.

„Einige Qu. an den Meeresufern sind dieser sonderbaren Anomalie unterworfen. So wie das Meer-W. steigt, fällt das Quell-W. u. letzteres erreicht seinen

niedrigsten Standpunkt, wenn das Meer-W. seinen höchsten erreicht hat; es bleibt 1 Stunde lang in dieser Höhe stehen, wächst zusichtlich, wenn das Meer fällt, u. bleibt dann von Neuem 2 Stunden lang auf gleicher Höhe stehen, um ½ Stunde früher, als das Meer-W. zu steigen anfängt, wieder anzufangen zu fallen. Dieselbe Erscheinung bemerkt man an einem Brunnen zu Treport in der Normandie, nahe am Hafen. Mehrere Brunnen an den Ufern der Themse u. den Küsten Englands, haben dieselben Eigenschaften." „Gadibus qui est delubro Herculis proximus fons inclusus ad putei modum, alias simul cum oceano augetur minuiturque alias vero utrumque contrariis temporibus. In ripa Boetis oppidum est, cuius putei crescente aestu minuuntur, augescunt descedente, mediis temporibus immobiles. Eadem natura in Hispali oppido uni puteo, ceteris vulgaris." (Plin. H. N. II, c. 97.) Für die Quellen, die bei der Fluth kleiner sind als bei der Ebbe, hat Darcy eine Erklärung im Vorhandensein eines Luftraums, dessen Luft bei der Fluth comprimirt werde u. wieder auf den Quellursprung zurückdrücke. *) (Fontaines publ. de Dijon, 1176.) „Diese Erscheinung wird" sagt Héricart de Thury „mit vieler Wahrscheinlichkeit (?) dem Drucke zugeschrieben, den diese Qu. von der atmosphärischen Luft erleiden (?), welche in den unterirdischen Höhlen durch das Meer-W. selbst zurückgetrieben wird, das sie während der Fluth verhindert, mit den Qu. zugleich auszuströmen." Eine einfachere Erklärung gibt *Kircher; er meint, das Meer-W. fülle zur Zeit der Fluth eine Grube mit W., das zur Zeit der Ebbe erst zum Ausfluss gelange; in diesem Falle müsste aber das ausfliessende W. dem Meer-W. ähnlich sein. Soll nicht die Wirkung der Fluth u. der Ebbe eine verspätete sein, so dass der bei der Fluth vermehrte Druck auf gewisse tiefer liegende Verzweigungen der Quellmündung sich erst nach einer gewissen Zeit auf andere höhere Quellzweige bemerklich machte? Dabei würde freilich vorausgesetzt werden müssen, dass die Quell-Adern, welche sich in dieser Weise beeinflussen, erst in weiter Entfernung vom Ufer miteinander vereinigt wären. Vgl. S. 141 das über eine Qu. bei Lille Gesagte.

Es ist vielfach beobachtet worden, dass Quellen, die in der Nähe eines fliessenden W. ausgehen, dann stärker als sonst fliessen, wenn dieses Flusswasser anschwillt. Entweder nehmen Fluss u. Qu. beide ihren Zuwachs unabhängig von einander aus vermehrtem Regen oder geschmolzenem Schnee, oder weil das Niveau des Flusses höher ist, steigt auch das W. in den Brunnen u. fliesst mehr W. aus den Quellöffnungen. Letzteres kann man sich in doppelter Weise denken. Entweder filtrirt oder fliesst das Flusswasser unterirdisch zum Brunnen (ein Fall, der schon in §. 26 besprochen wurde); oder es fliesst kein Fluss-W. zum Quell-W., sondern weniger Quell-W. fliesst zum Flusse. Wenn nämlich der Stand des W. im Flussbette höher als sonst ist, so drückt der Fluss mit mehr Gewicht auf den Theil des Quell-W., welcher durch Gänge, die mit den Quellgängen des Landes in Verbindung stehen,

*) „J'admets que la mer communique par un conduit avec une cavité remplie d'air, sans que pourtant son niveau puisse atteindre cette dernière: j'admets encore que la source vienne déboucher dans cette cavité avant de surgir du sol: je suppose enfin que le point où la source sort de terre soit réunie à la cavité précitée, au moyen d'un conduit dont une partie affecte la forme d'un siphon renversé, de manière à présenter une fermeture hydraulique: l'air renfermé dans la cavité manquant d'issue ne peut s'échapper, même quand il est comprimé, et le seul résultat de cette compression est d'établir dans le conduit (côté de la cavité) une diminution de niveau nécessaire à l'établissement de l'équilibre."

„Alors si la marée monte, l'élasticité de l'air augmente et l'excès de compression subi par la source à son point d'émergence produit le même effet que si le niveau de cette dernière était exhaussé; son débit doit donc diminuer. Quand la marée est basse, au contraire, le volume initial doit reparaitre, parceque la pression redevient la même sur le point d'émergence de la source."

aber im Flussbette münden, sich mit dem Fluss-W. zu verbinden strebt, u. drängt dieses W. mehr zu den andern Ausgängen hin. Ob Fluss-W. zur Quelle geht oder Quell-W. in den Fluss austritt, lässt sich oft durch die Niveau-Differenz oder die Verschiedenheit oder Aehnlichkeit beider W. ergründen. Wenn jenes stattfindet, so wird das Quell-W. dem Fluss-W. ähnlicher (wenn es warm war, kälter, oder umgekehrt, wenn es salzig war, weniger salzig u. dgl.). Wenn aber ein W. im Flusse zu münden pflegt, welches in seinen Eigenschaften (Wärme, Salzgehalt) übereinkommt mit dem W. der bei anschwellendem Flusse ergiebigern Quellen, so ist der andere Fall wahrscheinlich, dass der Gegendruck des Fluss-W. mehr W. zu den von diesem Drucke freien Mündungen hintreibe. Sehr oft ist es bei Thermalwässern, welche theils im Flussbette, theils auf dem Lande ausfliessen, der Fall, dass, wenn der Fluss steigt, wenigstens diejenigen Ausgänge, welche tief am Ufer liegen, mehr W. als sonst geben.

Von den Emser Thermen fliessen manche in's Lahnbett aus. Hier sind nun zwar die hochgelegenen Thermen, aber nicht die tiefern, von der Lahn unabhängig. Ein Auszug der dort gemachten Beobachtungen verdeutlicht diese Abhängigkeit. I Kesselbrunnen, II Krähnchen, III Fürstenbrunnen.

Quelle.	Wasserstand am Pegel der Lahn.	Zahl der Vermessungen.	Durchschn. Wassermenge in 24 St.	
I	bis 3"	65	3371;	sehr paralleles Steigen beider Grössen.
	5—6'	4	5011	
II	bis 3"	34	44	weniger regelm. Steigung.
	5—6'	1	53	
III	bis 3"	16	247	
	4' 6" bis 5'		259	(bei hohem W.-Stande 311) mit wenig Regelmässigkeit in der Steigung.

Cf. Fresenius, Chem. Unt. der wicht. M.W. des Herzth. Nass. 1851, II, Ems.

Am Fusse der Karpathen auf einer Insel der Waag, die früher noch nicht vom Ufer dieses Flusses getrennt war, sammeln sich die Pöstényer Thermen in einem Brunnen; aber auch im Strome an beiden Ufern kommt noch warmes W. heraus, welches durch den Umstand, dass dort der Fluss nie zufriert, durch Dünste u. einen weithin verbreiteten Geruch von gebranntem Schiesspulver sich bemerklich macht. Als mit Hülfe einer Taucherglocke in eine Felsspalte ein Rohr eingesetzt wurde, sprang das W. sogleich mehrere Fuss hoch über das Niveau der Waag empor. Das W. steht auf der Insel regelmässig 3' höher als die Waag. *F. E. Scherer sucht den Grund für das vom Stande des Flusses abhängige Steigen u. Fallen des W. darin, dass dieser beim Anschwellen das Erdreich der Ufer sättigt. Es bedarf nur eines geringen Nachgrabens, um Thermal-W. zwischen dem Brunnen u. der Bergkette hervorquellen zu sehen.

Zu Ofen, wo Thermal-W. nicht blos in den 6 Badehäusern der Stadt, sondern auch an sehr vielen Stellen am Ufer u. im Flusse, auch auf einer Insel unterhalb der Stadt hervordringt, gibt die Qu. des dem Ufer zunächst gelegenen Blocksbades täglich 2500—3000 K.M., wenn der Fluss niedrig ist, dagegen 4000—4500, wenn er hoch geht, ja sie kann bis 7000 geben, wenn die Donau sich lange Zeit hindurch hoch gehalten hat.

Die Kreuznacher Sool-W. haben in den Versuchen, welche man bei zehn verschiedenen W.-Ständen der Nahe anstellte, zwar immer denselben Prozentgehalt an Salz gezeigt; aber dennoch übt der W.-Stand des Flusses einen wesentlichen Einfluss auf den Stand der Quelle in Theodorshalle aus, welche bei ihrem Nichtbetriebe sich immer etwas höher als der W.-Spiegel der Nahe stellt u. mit diesem steigt u. fällt. Geht der Fluss sehr hoch, so strömt die Soole aus der Bohrteichel im Brunnen der Karlshalle mit Heftigkeit über u. es unterliegt keinem Zweifel, dass man bei gehörigem Ausbüchsen des Bohrlochs einen förmlichen Springbrunnen erzeugen könnte. Der Spiegel der Oranien-Qu. steht beständig 6" höher als derjenige

der Nahe, wobei das Sool-W. immer klar bleibt, während das Fluss-W. nach jedem reichlichen Regen dick u. trübe wird.

Becher (Phys. subterr. 1703. 46) machte ähnliche Beobachtungen an hoch gelegenen kalten Qu., deren Verhalten sich auch wohl auf das Auslaufen von Nebenzweigen der Quellen im Fluss-Ufer zurückführen lässt. „.... quod et animadvertimus in Rheni tractu; ubi ad minimum centum pedum altitudine, supra vicini Rheni Horizontem, copiosas scaturigines observavimus, quae accurate, cum incremento et decremento Rheni, vicissitudines patiuntur. Ex quo manifestum est, eiusmodi scaturigines a Rheno procedere, et cum eius rei observationem caperemus Moguntiae in S. Michaëlis monte, sequeretur, cum ascensus scaturiginis istius montis ex inferioris Rheni Horizonte procedat, scaturiginem praefatam, juxta P. Schotti) opinionem, in ea Rheni parte originem suam capere debere, quae quoad Horizontis altitudinem superficiei praefati montis conveniret, et aequilibraret. Quod multis milliaribus, ad minimum 50, a Moguntia, contingere deberet“ etc.**) Schwerlich ist der Ursprung dieser Qu. so weit Rhein-aufwärts zu suchen; wahrscheinlich hat sie im nahen Rheinbette Ausflüsse, die bei hohem W.-Stande theilweise zurückgehalten werden.

Die Verhältnisse sind bei natürlich entstandenen M.Qu. nicht so, wie bei artesischen Brunnen, deren Röhren in eine grosse Tiefe reichen u. die nur aus bestimmten Oeffnungen der Röhre ausfliessen können; im Gegentheil haben fast alle M.Qu. ausser den bekannten Mündungen noch verdeckte Mündungen u. Communicationen mit verschiedenen Schichten. Spannt man den Druck an den bekannten Mündungen, so sucht sich das W. neue oder sonst nicht von ihm durchflossene Ausgangspunkte, es tritt in Schichten, wohin es sonst nicht drang u. treibt aus ihnen das Tagewasser zurück. Zu dieser Durchdringung bedarf es einer gewissen Zeit. Ebenso fliesst beim Nachlass der Spannung das in diesen durchdringlichen Schichten angesammelte Tagewasser nur nach u. nach zu den freien Mündungen der M.W. hin. Daher ist das Resultat hinsichtlich der Ergiebigkeit, welches man sogleich oder auch einige Zeit nach der Spannung oder Abspannung einer Qu. erhält, kein reines, sondern es ist durch den Einfluss unbekannter Mündungen u. Verbindungsstellen getrübt. Der Verlust, den eine Qu. durch die Tieferlegung einer benachbarten Qu. erleidet, kann, wie man zu Plombières erfahren hat, über einen Monat hinaus noch wachsen.

So natürlich es ist, wenn kalte Qu. in Zusammenhang mit einander stehen, so auffallend könnte es sein, wenn beim Auspumpen der M.Qu. das W. in benachbarten süssen Brunnen vermindert wird, wie *Bischof dies häufig sah u. wie dasselbe zu Aachen auch vorkam, als man eine der dortigen Thermen mit grossen Hebe-Werken eine längere Zeit auf einem niedrigen Niveau hielt. Es beweisen solche Vorgänge, dass die Gänge, worin das M.W. läuft, Verbindungen mit den süssen Wässern haben u. dass diese, obwohl sie bei der gewöhnlichen Aufstauung des M.W. sich mit dem Brunnen-W. nur

*) Tract. de font. orig. Vf. bestreitet die Ansicht von Schotte über die Quellursprünge.

**) Früher hatte man in der Carthause nur W. in einem tiefen Brunnen; der Vf. suchte nach Qu. u. fand etwa 2000′ von der Carthause auf einem andern Hügel eine Qu., später auch 5′ unter dem Boden im Weinberge der Carthause eine solche.

wenig vermischen, dies doch viel mehr thun, wenn das in den Verbindungsstellen befindliche W. vom Gegendruck durch das M.W. entlastet wird.

Als im J. 1825, um die Vöslauer Qu. zu fassen, der Bach, worin sie ausging, abgeleitet worden war, trieb sie 6—8′ hoch armdick empor. Während dieser Arbeit reclamirten die Bauern der Gegend, weil alle ihre Brunnen plötzlich vertrockneten. Dies geschah wohl weniger, weil die Therme stärker floss, als weil das Bachwasser als Gegengewicht oder als Ursprung der Brunnenwässer fehlte.

Ein Beispiel einer sehr eigenthümlichen Communication des kalten W. mit dem warmen, wobei eine Anstauung des kalten W. günstig auf die Wärme der thermalen W. wirkt, bietet Aix (Aquae Sextiae) dar.

Die Sextius-Qu., welche 1705 nach dem Neubau der Bäder noch für mehr als 1000 Badegäste genügte, verminderte sich seit 1707 in wenigen Monaten so, dass die Bäder bald ganz verlassen standen; mehrere andere warme Qu. verminderten sich oder versiegten ebenfalls. Während dieser W.-Abnahme hatte man ¼ Stunde von Aix im Becken von Barret in geringer Tiefe sehr wasserreiche kältere Qu. (von 20—21°5) entdeckt. Als man deren Ausgänge 1721 verstopfte, vermehrten sich, aber erst nach 22 oder 28 Tagen, die Sextiusbäder wieder „um ¾" (?) u. mehrere andere, ganz ausgebliebene Thermen kamen zum Vorschein. So oft man aber (z. B. im J. 1722 u. 1827) zu Barret aufs Neue Wasser ausgrub, sah man immer wieder die W. von Aix abnehmen oder versiegen. Dieser Zusammenhang der W. von Aix mit denen von Barret scheint darum nicht leicht zu erklären, weil jene 2,26, diese 5,18 Z.T. Salze enthalten. Man muss annehmen, dass das W. der 36°7 warmen Sextiusqu. mit der, 1000 Feldmesser-Schritte davon entfernten lauen Qu. von Barret der Art in hydrostatischer Verbindung steht, dass die Thermen an ihrem gewöhnlichen Ausflussorte nicht hervorkommen können, wenn nicht das laue W. von Barret sich seinem tiefern Abflusse widersetzt. Die kältern Qu. zu Aix versiegen eher als die warmen. Im J. 1812 sollen die W. von Corso u. von Mennes trübe geworden sein, als man Kalk ins W. von Barret gerührt hatte.

Der hydrostatische Druck ist sehr geeignet zum Isoliren u. Fassen von Quelladern, die in durchbrochenem, von kalten Qu. oder Oberflächen-W. durchzogenem Terrain liegen. Dieses Mittel wurde von François zuerst zu Ussat u. später zu Luchon u. La Malou angewendet. *)

„Nehmen wir an, es sei eine grosse Zahl vereinzelter u. zerstreuter Quellen vorhanden, die durch Infiltrationen oder durch kalte Qu. ersäuft werden u. die aus Felsen oder aus sehr durchgängigem Terrain heraufkommen. Man kann derartige Qu. dann in folgender Weise von den Infiltrationen befreien. Im Bezirke dieser Qu. sucht man die Punkte, welche dem Aufsteigen des W. den schwächsten Widerstand leisten, d. h. wo solches am leichtesten aufsteigt. Je nach Gestaltung der Oberfläche u. nach der Beschaffenheit des Bodens macht man diese Punkte nun durch Tief- oder Sousterrain-Arbeiten oder offene Arbeiten frei. Dann umgibt man sie, einzeln oder zusammen mit geschlossenen Hüllen von Mörtel oder hydraulischem Mauerwerk, mit Verkleidungen von Holz oder Blech oder man errichtet auf diesen Punkten entweder Fangsäulen mit Ziegelsteinen u. Cement, Thonröhren oder Röhren aus Blech, Guss oder Kupfer, die mit massivem Mörtel consolidirt werden. Die Wand dieser Umhüllungen, Umkleidungen, Säulen oder Röhren ist durchbrochen u. nimmt eine wohl isolirte Leitung auf, die mit einem versetzbaren Hahne versehen ist oder mit einem gegliederten Ellnbogen, um das Niveau des W. im Innern verschieden stellen zu können. Unter dem Platze hält man das kalte W. zurück u. zwar so, dass man das Niveau durch eine Schleuse mit stellbarem Abflusspunkte regeln kann."

„Nachdem diese Arbeiten gemacht sind u. nachdem man die Oeffnung der Ausflussröhren jener Umkleidungen u. Röhren geregelt hat, wird man sehen, dass, wenn man allmälig das Niveau des kalten W. erhöht, um das äussere Terrain zu

*) Der folgende Abschnitt ist aus dem Dict. des Eaux übersetzt.

überschwemmen. allmälig das M.W. im Innern der Arbeiten erscheint. Wärme, Volumen u. Mineralisation steigen nach u. nach bis zu einem gewissen Punkte, worüber hinaus zwar das Volumen wächst, aber die Wärme abfällt. Dieser Punkt entspricht dem Gleichgewichtszustande zwischen dem M.W. im Innern der Arbeiten u. dem äussern kalten, gegendrückenden W.; bei weiterm Druck mischt sich kaltes W. zu u. die Wärme fällt."

„Die Unterhaltung des gegendrückenden W. auf sein normales Niveau bewirkt eine allmälige Steigerung der Ergiebigkeit durch das Zurückdrängen der zerstreuten Sprünge von aussen nach innen zu in die gefassten Röhren hin"

„Die Umfassungsarbeiten gehen gewöhnlich nur 80—140 Centim. unter das Normal-Niveau hinunter, d. h. unter das Niveau des äussern Druckes, der dem Maximum der Wärme u. des Mineralgehaltes der Qu. entspricht."

„Das oben Gesagte setzt voraus, dass man über eine genügende Masse Druck-Wassers verfügen könne; wo dies nicht ist, muss man es von den nächsten Qu. oder vom nächsten laufenden W. zuführen."

„Zu Luchon brachte man geschlossene Verkleidungen u. Röhren an u. trieb darein mit dem zugeleiteten Druck-W. die Qu. zurück, welche auf einer grössern Fläche eines sehr permeablen Glimmer-Schiefers zerstreut lagen. Die Umkleidungen umfassen Stücke von Pegmatit u. grossglimmerigem Granit, dem gleichzeitigen Ursprungsgestein der Schwefelquellen, in denen u. an deren Grenze die natürlichen Wege der M.Qu. liegen."

„Ehe diese Arbeiten gemacht waren, schwankte die Temperatur der Qu. nach Regen oder Schneeschmelzen um 9°4, 12°6, ja selbst um 22° u. mit der Ergiebigkeit oscillirte auch der Schwefelgehalt sehr auffallend. Nach dieser Fassung mit Hülfe von W.-Druck gingen die Temperatur-Schwankungen auf 0°2, 0°4, 1°4 zurück u. wurde der Schwefelgehalt merklich beständiger. Immerhin stieg aber die Ergiebigkeit. Es ist auch eine allgemein beobachtete Thatsache, dass eine gut gefasste Qu., welche von Regen oder geschmolzenem Schnee nicht ersäuft werden kann, beim Hochwasser mehr Zufluss hat, wobei Temperatur u. Gehalt stationär bleiben oder auch wachsen können. Dasselbe zeigt sich auch an nicht gefassten Quellen, z. B., wie an mehreren gefassten, ebenso an nicht gefassten Qu. von Luchon, Cauterets, Ax, Carcanières u. s. w."

„Zu Ussat wurden derartige Fassungen durch Gegendruck 1840 nach einem grossartigen Maassstabe vorgenommen. Die dortigen Schwefelwässer entspringen am Fusse eines Kalkberges. Das Ganze der Quellen wurde in eine geschlossene Umgürtung von 287 Meter Ausdehnung gebracht, welche in solider Weise unten auf den Fuss des Berges in den Galerien des Felsens fixirt wurde. Das nöthige Druck-W. verschaffte man sich, indem 2 Kilometer oberhalb der Quellen W. der Ariège abgeleitet wurde. Die Umgebung wird von Mauerwerk gebildet, das auf einer Mörtel-Sohle ruht. Der Mörtel geht im Mittel nicht mehr als 85 Centim. unter das Normal-Niveau der Quellen u. etwa 120 Centim. unter den Boden der Bäder. Er ruht auf sehr permeablen Anschwemmungen von Sand u. Grant, die bis 17 Meter in die Tiefe reichen."

„Vor diesen Arbeiten, 1808—1838, ging die höchste Temperatur der Qu. allmälig von 37°5 auf 35° hinunter u. der tiefste Stand war schwankend zwischen 33°75 u. 29°1. Der feste Gehalt war 8,99—8,62 in 10000. Täglich hatte man über 135 Kub.M. W. zu verfügen, bei Tiefwasser aber nur über 34 K.M.. Regnete es stark oder schwoll die Ariège an, so wurden die Bäder kalt. Anfangs bemerkte man dabei eine wirbelförmige Bewegung des W. mit einer Temperatur- u. Volumens-Erhöhung. Jene ging zuweilen bis 38°, dieses bis 370 Kub.M.. Diese Beobachtung wurde für François der Ausgangspunkt jener spätern Arbeiten, welche so gut gelangen, dass man jetzt 820 K.M. hat u. zwar 520 von 34°5—36°25 in den Bädern, 33°—40° in den Quellen, u. 300 K.M. zu 33°. Der Gehalt ist auf 12,76 Z.T. gehoben. Dies Alles ist unabhängig von den Wärmegraden (9—18°) des Druck-Wassers. Ganz richtig ist die Bemerkung von Filhol, dass diese Arbeiten keine Infiltration von kaltem W. herbeigeführt haben, da ja die Wärme des M.W. dabei stieg; vielmehr zeigt sich im höhern Gehalte, dass Infiltrationswasser abgehalten wird. Auch hat sich der Gehalt an Kohlens. vermehrt."

„Zu La Malou le haut stehen die Bäder rittlings auf dem Thalwege eines Baches, dessen W. abgeleitet ist. Sie ruhen auf einem massiven Feldspath-Schiefer, der von Quarzgängen durchsetzt ist, aus welchen die Eisen-W. hervorbrechen. Die hohen Qu., für die Bäder bestimmt, konnten nicht aufsteigen; sie rückten fort u. kamen unterhalb der Anstalt hie u. da zum Vorschein. Nun errichtete man unterhalb eine Sperre u. fasste die Seiten-Adern zwischen dem Badegebäude u. den steilen Ufern des alten Flussbettes ein, dass unterhalb u. an den Seiten des Bades eine Druck-Umwallung entstand. Man trieb so das M.W. u. die Gasströme zurück u. hob damit die obern Quellen, deren Temperatur von 29° auf 31°2 u. deren Volumen von 110 bis 280 Kub.M. (täglich?) hinaufstieg. Ja noch mehr! Als im J. 1858 ein Bohrloch von 29 M. Tiefe niedergebracht wurde, um die verloren gehenden Sprünge einzufangen (en recoupement de filons aquifères), welches eine Sprungqu. von 395 Kub.M. von 34°5 gab, intermittirte diese, wenn der Druck der Wasser-Umgebung für eine kurze Zeit aufgehoben wurde u. so oft sie 17—19 Minuten geflossen, trat für 12 14 Minuten Ruhe ein. Die Temperatur blieb dabei sich gleich; aber es flossen etwa nur ²/₅ des W. aus. Wie der Gegendruck wieder hergestellt wurde, floss die Qu. wieder wie vorher."

„Diese an 3 Qu. verschiedener Art ausgeführten Arbeiten haben sich nun schon 15—20 Jahre bewährt."

„Es bleibt nur zu erklären, wie das Ganze zugeht."

(Hier geht der Verf. auf die öfters beobachtete Thatsache ein, dass W., die verschieden an Wärme u. Gehalt sind, wenig Tendenz haben, sich mit einander zu vermischen.) „Noch schwieriger mischen sich zwei W., die nicht frei, sondern in den Hohlräumen eines Terrains oder eines durchlöcherten Felsens liegen u. von denen das eine nach oben treibt, das andere aber nach unten fliesst." (Dieser Umstand muss jedenfalls die Durchdringung beider W. befördern, dort wo sie sich entgegenkommen. L.) „Dies vorausgesetzt, stellen wir uns nun ein durch hydrostatischen Druck in einer geschlossenen Umhüllung u. auf sein Normal-Niveau gehaltenes W. vor. Wenn das Terrain sehr permeabel ist, wie zu Ussat, verhält sich die Umhüllung sehr gleich einem Diaphragma, welches zwei Flüssigkeiten von verschiedener Dichtigkeit trennt; die Höhen des W. innen u. aussen sind ungefähr im umgekehrten Verhältnisse dieser Dichtigkeiten. Je nachdem der Coëfficient der Permeabilität des Terrains abnimmt, folgt das Normal-Niveau einer hohern Stellung des äussern Druckwassers. Dieser Umstand erklärt die oben angeführten günstigen Resultate u. jene, die von selbst durch grosse Infiltrationen gefasster u. nicht gefasster Qu. hervorgebracht werden."

„Aber das Hinderniss oder das Diaphragma der Umgürtung braucht, wie gesagt, um seinen Zweck zu erfüllen, nicht mehr als 0ᵐ,8—1ᵐ,2 unter dem Normal-Niveau zu stehen. Das Resultat ist um so offenbarer, je permeabler das Terrain ist, worauf die Umgürtung steht. Von da an ist der gegenseitige Druck nicht auf die Höhen-Gränze der Umhüllung beschränkt, sondern geht tiefer. Unter dem Boden der Umhüllung üben die Ursachen, welche die Absonderung beider W. veranlassen (Unterschied in Wärme, Dichtigkeit, Gehalt, Richtung des Laufs u. natürliche Terrains-Verhältnisse), ihre Wirkung aus. Das ist es eben, was der Fassung durch hydrostatischen Druck eigen ist. Ihre Wirkung geht von selbst in die Tiefe, wie sie auch seitwärts geht. Soll man so nicht erklären können, wie dieser Druck endlich ins Innere der Umhüllung aussen zerstreute u. verloren gehende Qu. zurücktreibt?" So weit François.

§. 46. Einfluss des Luftdruckes auf die Quell-Ausgänge.

Der Luftdruck wechselt im Allgemeinen zu wenig um auf die Ergiebigkeit der meisten Quellen einen merklichen Einfluss auszuüben. Bei 76 Centim. Barometerstand beträgt der Luftdruck auf jeden Quadratcentimeter 1033 Gramm; steht das Barometer 5 Centim. tiefer, so beträgt er 68 Gramm weniger; was einem W.-Druck von 68 Centim. Höhe gleich kommt. Eine solche

Veränderung der Drucksäule würde nun die Ergiebigkeit der Quellen gewiss in auffallender Weise steigern, wenn nicht der Wechsel des Luftdruckes in solchen Fällen gleichzeitig eben stark den absteigenden Theil des W.-Laufes, wie den aufsteigenden Theil beträfe, wodurch das Gleichgewicht erhalten bleibt.

Es gibt aber doch Qu., die nur zu gewissen Zeiten in eine stärkere Bewegung gerathen, was wahrscheinlich mit Verminderung des Luftdruckes zusammenhängt.

Eine sonst ganz ruhige Qu. zu Ischl soll zur Zeit der Nachtgleichen in starke Bewegung kommen (*Schrift über Ischl, 1836). Dieselbe Qu. (Wirer's Qu.?) gibt nach den verschiedenen Tageszeiten 2½—3½ Eimer in der Minute; zur Aequinoktial- u. Solstitialperiode zerreisst sie häufig bei scheinbarer Ruhe ohne wahrnehmbare Bewegung (?) u. Luftentwicklung ihre Einfassung (?). (Nach *Wirer Ischl; 1843.)

„Quae saliunt aquae, ut in lacunis Volaterranis videre est, altius saliunt hieme ac instantibus pluviis maxime.“ (Baccius.) Diese bis 10′ u. höher springenden Qu. sollen durch hohes Springen Regen, durch weniger hohes Steigen heiteres Wetter anzeigen (Leander).

Bei Naphthaquellen hat man ähnliche Beobachtungen gemacht. Cf. Hydrochemie 478. Von derartigen kochenden Wässern, die besonders dann in die Höhe gehen, wenn das Meer tobt, also wohl bei niederm Barometerstand, erzählt Kircher (Mund. subterr. 1678): „Ingens in Planitie (Phlegraeo campo) lacuna me (1638) summa admiratione affecit; reperitur enim haec semper aquis bullientibus et nigrore suo formidinem incutientibus plena: cacabum diceres pice et resina bullientem, quae subinde locum mutat ac indurescentibus aquis in margine lebetis arctatur vel ampliatur simul cum exhalationis impetu majori vel minori. Mirum et illud, voraginem illam aquas ultra humanam staturam ad 8 vel 10 pedes in altum ejicere in modum pyramidis easque pingues ac luteas sulphureique fere coloris, quod vel ipsi Puteolani non diffitentur; qui perhibent, ad 16 aut etiam 24 palmos quandoque has aquas ebullientes in altum evibrari et hoc praesertim, cum mare aestuat, non item quando quiescit. Mari quiescente aquae in lacunae faucibus pingues ac nigra fuligine squalidae tantum una cum effervescentia quadam spectantur.“

In solchen Fällen wird aber meistens die Einwirkung des Luftwechsels auf die Absorption der einen oder andern Luft-Art vom W. die Veränderung der Ergiebigkeit bewirken. Wenigstens lässt sich eine derartige Veränderung der Ausflussmenge bei Sauerwässern nicht selten unzweifelhaft auf einen Wechsel des Luftdruckes zurückführen, wie wir an späterer Stelle erfahren werden.

„Memorari hoc loco merentur Fontes Barometrici, Wetterbrunnen, qui pluvia imminente turbidi evadunt, restituta autem coeli serenitate pristinam limpiditatem recuperant, et sic mutationes tempestatis praesagiunt. Talis fontis in Mutinensi agro mentionem facit ex relatione A. Vallisnerii Scheuchzerus in Hydrogr. Helv. p. 132.“ (*Cartheuser Rudim. hydrol. syst. 1758.) Findet bei niederm Barometerstand vielleicht eine Luft-Entwicklung statt, wodurch das W. aufgerührt u. getrübt wird?

§. 47. Durchbruch der Quellen. Entstehen der Quell-Ausbrüche und Vergrösserung der Quellen durch Erdbeben.

> Hic fontes natura novos emisit, ac illic clausit, et antiqui tam multa tremoribus orbis flumina prosiliunt, aut excaecata residunt. Ovid. Metam. XV, 270.

Das Ausbrechen einer Quelle ist oft plötzlich, wobei gewöhnlich eine zufällige Vermehrung der andrängenden W.-Masse die ihr den Ausweg

versperrende Erddecke sprengt. Am häufigsten geschieht ein Durchbruch einer Erdschicht, wenn diese durch Wegräumen der oberen Lagen nicht mehr kräftig genug ist, das W. zurückzuhalten.

„In vico Istrico repente emersit fons torrentis modo.“ (Liv. VI, dec. 3.) Zu Bishop-Monkton in England riss das unterirdische W. den Boden auf u. wühlte sich einen Schacht von 58′ Tiefe aus. Unweit Ziesar in der Brandenburgischen Mark kam 1756 an einem Sandhügel unter einem knallartigen Getöse eine Qu. hervor, die seitdem noch immer mit unveränderter Stärke fliesst. Man gewahrt in der Gegend eine 500 Schritt lange Einsenkung.

Beim Absenken des Soolenschachtes zu Dürrenberg durchbrach das W. plötzlich die noch 23′ dicke Gypsschichte; was nicht zu verwundern ist, da es eine so bedeutende Steigkraft hatte, dass es den 800′ tiefen Schacht bis oben anfüllte.

Sehr viele kalte u. warme Qu. sind nachweislich durch Erschütterungen der Erdrinde entstanden. Mehrere solche, unter Erdbeben entsprungene Qu. waren den Alten bekannt. *) Namentlich soll in Griechenland eine Unzahl von Thermen, noch fliessende oder schon wieder verschwundene, unter Erdstössen ausgebrochen sein. Ein solcher Zusammenhang der Thermen mit Erschütterungen ist auch in dem Buche des Joh. Lydus über die Erdbeben angedeutet (v. Humboldt Kosmos IV). Nach dem Erdbeben, welches einst Euböa erschütterte, kamen an verschiedenen Orten neue Qu. zum Vorschein, wie Strabo erzählt. »Terrae motus profundunt sorbentque aquas, sicut circa Pheneum Arcadiae (Fonia-See) quinquies accidisse constat« (Plin. H. N.). Theophrast hat die Nachricht hinterlassen, dass am Berge Korykus nach einer Erschütterung neue Quellen hervorgesprungen sind. Im Nachfolgenden sind viele derartige Fälle verzeichnet.

Ich will zuerst einige Beobachtungen anführen über Süsswasser-Ausbrüche (oder nicht näher beschriebene Qu.), die von Erdbeben abhingen.

Gegen das J. 1549 entstand beim Dorfe Tojanum in Siena, nicht weit vom Dorfe Rosia, ein See nach Bacci. Derselbe berichtet auch: „Lacum audio juxta Allobroges ex ingenti nunc terrae motu enatum, diruto oppido ac factum lacum, qui perennibus scatet aquis.“ In Calabrien entstanden beim Erdbeben des J. 1753 über hundert Seeen.

Bei dem Erdbeben im J. 447 zu Constantinopel u. im ganzen Morgenlande vertrockneten hier Seeen u. Qu., während in andern wasserlosen Gegenden sich grössere Seeen u. reiche Qu. zeigten, welche ausgetrocknete Sandwüsten in fruchtbare Fluren verwandelten. Gebirge u. Inseln versanken, während anderwärts solche sich erhoben. — Nachdem es zwei Monate geregnet hatte, traf (in ähnlicher Weise wie zu Florenz 1448) nach anhaltendem Regnen am 5. Dez. 1456 nach dem Zeugniss

*) Bei Apamea in Phrygien sollen zur Zeit des Mithridatischen Krieges bei einem Erdbeben Seeen, Flüsse u. Quellen entstanden sein, während andere Quellen verschwanden, u. ein bitteres grünes W. soll in dieser vom Meere weit entlegenen Gegend mit Austern, Fischen u. anderen Meeresprodukten zum Vorschein gekommen sein. *Νικόλαος δ' ὁ Δαμασκηνὸς·* „*Περὶ Ἀπάμειαν, φησί, τὴν φρυγιακὴν, κατὰ τὰ Μιθριδατικὰ, σεισμῶν γενομένων, ἀνεφάνησαν περὶ τὴν χώραν αὐτῶν λίμναι τε, αἱ πρότερον οὐκ οὖσαι, καὶ ποταμοί, καὶ ἄλλαι πηγαὶ ὑπὸ τῆς κινήσεως ἀνοιχθεῖσαι· πολλαὶ δὲ καὶ ἠφανίσθησαν. τοσοῦτόν τε ἄλλο ἀνέβλυσεν αὐτῶν ἐν τῇ γῇ πικρόν τε καὶ γλαυκὸν* (alii malunt: *γλυκὺ*) *ὕδωρ, πλεῖστον ὅσον ἀπεχούσης τῶν τόπων τῆς θαλάσσης, ὥστε ὀστρέων πλησθῆναι τὸν πλησίον τόπον ἅπαντα, καὶ ἰχθύων, τῶν τε ἄλλων ὅσα τρέφαι ἡ θάλασσα.*“ Athen. Deipnos. VIII, 2. Auch Appulejus kannte derartige Wirkungen der Erdbeben. „His passionibus (Erdbeben) contingit, ut quaedam terrae expirent halitus, aliae vomant saxa, nonnullae coenum, sunt, quae fontes pariunt insolentibus locis, peregrinorum fluminum sulcantes vias.“ (De Mundo.)

des Jacobus Papiensis Cardinalis in Apulien und Campanien ein sehr verbreitetes Erdbeben ein, wobei an 60000 Menschen umkamen. Dabei wurde auch die Stadt Bojanum (?) erschüttert u. es floss aus einem mächtigen, sie überragenden Felsen eine Qu. so mächtig hervor, dass an 1300 Menschen ertranken. Diese Qu. liess dann nach, floss aber noch später als ein Bach, dessen W. für sehr heilsam angesehen wurde. (De his rebus plura S. Antonius, qui tum in vivis agens historiae commendavit Chron. tit. 22, c. 24 §. 3 et Collenutius.) Simon Majolus, dem ich dieses Citat entnehme, fügt nach Werner Fasc. Mutius Germ. rer. l. 25 hinzu. dass 1356 bei Basel aus einem Erdbeben eine sehr kalte Qu. entstand. — „Hoc anno (1660) in Gallia e terrae motu flumina nonnulla ab omni fluxu destiterunt, alibi eorum loco novis et fontibus et rivis exortis." (Kircher I, 312.) — Zur Zeit des Lissabonner Erdbebens zerrissen zwei Berge in der Nähe von Mequinez in Afrika, u. röthliches W. floss in Strömen aus ihnen hervor. — Bei dem Erdbeben, welches Chittagong in Bengalen 1762 erschütterte, öffnete sich an manchen Stellen die Erde u. warf W. u. Schlamm aus (Lyell). — Am Morgen nach dem Erdbeben von Chili im J. 1822 wurde eine Menge W. u. Sand aus Erdspalten hervorgetrieben (v. Hoff). — Bei einem Erdbeben in der Wallachei im J. 1838 drang eine neue Qu. aus einer Erdspalte. — Bei den Erdbeben im Juni 1840 war die Araxes-Ebene in Reihen von Spalten bis zu 4 Met. Breite aufgerissen, aus denen Ströme süssen Wassers, öfters wie ungeheuere Springbrunnen hervorbrachen, die eine Menge Flusssand aufwarfen; bei Karayussanlu mit brennbarem Gase (Acad. de Petersb. 1841.) — *Nöggerath, welcher die von den Erdbeben im J. 1855 im Visp-Thale des Cantons Wallis angerichteten Zerstörungen beschrieben hat, berichtet Folgendes, was mit der Bildung von Quellen in Zusammenhang steht. Das ganze Thal ist schon ein tiefer Querriss, obwohl es hier keine vulkanische Gebirgsarten gibt, sondern nur schieferiges krystallinisches Gestein. Fast alle Beschädigungen sind bei einem starken Stosse vorgekommen, der am 25. Juli erfolgte. Senkrechte Mauerspalten sind am gewöhnlichsten. Der Fels, worauf der Porticus der vielfach zerstörten St. Martinskirche steht, ist vielfach zerspalten u. im Hügel, der zur Kirche führt, haben sich inmitten des festen Schiefer-Felsen zahlreiche, wenig geöffnete, senkrecht in die Tiefe niedergehende Spalten gebildet. Im Alluvialboden kommen noch viel grössere Zerspaltungen vor. Bei der Katastrophe u. noch lange nachher schossen aus den Spalten nicht weit von der Visp Wasser-Strahlen hervor; allmälig aber hörten diese Erscheinungen auf, sowie die Spalten sich wieder von selbst zudrückten. Indessen gab es noch im September viele beim Erdbeben entstandene Qu. in Visp. Sie sprudeln sogar im Innern von einigen zerstörten Häusern hervor. Man hat diese Erscheinungen besonders auffallend finden wollen, um so mehr, als Visp früher keine Qu. oder Brunnen besass. Die neuen Qu. liefern sehr reines W., das seiner ganzen Natur nach, also auch was die Temperatur betrifft, sich nicht wesentlich unterscheiden mag vom Fluss-W. der benachbarten Visp, die ihre Zuflüsse fast ausschliesslich von Gletscher-Wässern erhält. Die Bebungen rissen Spalten in den Boden, welche direkt oder indirekt mit andern Spalten im Grunde des höher als ein grosser Theil des Bodens liegenden Visp-Bettes in Verbindung stehen; so erklären sich Wasser-Strahlen u. Quellen ganz einfach durch hydrostatischen Druck. Ueberhaupt brachen im Erdbeben-Gebiet auch anderwärts viele Qu. hervor, u. im Ganzen vermehrten sich die an die Oberfläche tretenden W. bedeutend, wenn auch dagegen an einzelnen Punkten früher vorhandene Qu. gänzlich versiegten. Allgemeine Auflockerung des Bodens erklärt das Erste genügend, wie nicht minder an andern Stellen vorhandene unterirdische Quellen-Läufe u. Spalten durch die Erschütterungen zugedrückt werden konnten. Das Dorf Zeneggen, hoch am Berge, seitwärts des Visp-Thales, verlor sämmtliche Quellen. Bei Neubrück lehnten sich grosse herabgefallene zerbröckelte Gesteinhaufen an die Bergwand des Flusses. Aus solchen Trümmern schossen neu entstandene Qu. als bedeutende Bäche hervor. Dem Dorfe Stalden gegenüber ist ein grosser Bergschlüpf erfolgt; aus dem Schuttkegel ist eine Qu. hervorgebrochen. Zu Zermatt bildete sich eine ergiebige Qu., die aber nur einige Tage floss. — Unter den Erdstössen vom 10. Jan. 1857 zu St. Barbara in Australien öffnete sich der Boden an mehreren Stellen u. W. sprang bis zu einer Höhe von 6′ empor. In sämmtlichen Brunnen stieg das W. auf 10—20′. (Zeitungsnachricht.)

Zuweilen waren solche durch Erdbeben hervorquellende W. mineralisch oder warm oder beides zugleich.

„Narrant Germani scriptores nostri temporis in Hildesheismio ad Hasdam pagum fontem erupisse totamque vicinitatem sulphuris foetore complevisse.“ (Bacc. I.) — Von einem Erdbeben im J. 1624, welches einen Theil der Stadt Argenta zu Grunde richtete, heisst es, dass sich dabei über 50 grosse Erdklüfte eröffneten, woraus W. mit einem pestartigen Gestank ausströmte. — „Sulfuris virus olebat fons, qui nuper effluxit ex vicinis montibus Scarpariae, oppidi in valle Mugellana siti, cum terrae motibus conquassaretur: sed is paucis post diebus terrae motu cessante exiccatus est.“ (*G. Agricola.) — Den 11. Jan. 1693 wurden 50 Orte Siciliens dem Boden gleich gemacht durch ein Erdbeben, wobei aus vielen Spalten Schwefel-W., bei Catanea gesalzenes W. hervorkam (Lyell). — Während des Erdbebens, welches Cumana 1797 zerstörte, brach eine bedeutende Menge von Salzwasser mit Asphalt gemischt (wo?) hervor (*Breislak Geol. III, 48). — Die Quellen, welche am 16. Dez. 1857 bei Melfi entstanden waren, sind später wieder vertrocknet; aber es entstanden jeden Augenblick wieder andere von schwefelhaltigem W.. Eine sprang in Viggiano aus dem Boden, welche ein schönes frisches W. lieferte, aber auch bald verschwand. (Zeitungsnachricht.) — Während des Erdbebens von 1810 zu Moor sollen zu Bodaik neben den alten M.Qu. sich neue geöffnet haben u. die Menge des W. um die Hälfte vermehrt worden sein. (Kitaibel De motu terr. 1814.) — Bei Gischlach, nördlich vom Gumri, entstand nach dem Erdbeben von 1827 ein salziger Eisensäuerling. — Zu Shutesbury, einem Orte in Massasusetts entstanden M.Quellen 1815 nach einem Erdbeben. — Bei dem neulichen Erdbeben in der Provinz Murcia, schreibt *Marchant 1832, öffnete sich bei dem Städtchen Dolores die Erde u. 2 Ströme von Schwefel-W. mit Erdpech u. unerträglichem Geruch drangen hervor. Die Thermen von Musa trieben auch Ströme kochenden W. hinauf. Es war dies am 21. März 1829, als alle Ortschaften zwischen Orichuela u. dem Meere zusammenstürzten. — Bei dem Erdbeben in Chili im J. 1835 ergossen 56 Kilom. von der Küste weite Spalten Massen von schlammigem Salzwasser; es bildeten sich runde Salzpfuhle u. manche neue Therme oder sehr salziges W. brach aus ihnen hervor (Caldcleugh in Phil. Transact. 1836, I). — In den Bergen von Viajama (St. Domingo) erschienen Quellen (Thermen?) zum ersten Male bei einem Erdbeben von 1751. — Während des Erdbebens, welches 1770 einen grossen Theil Domingos zerstörte, kamen an manchen Stellen heisse W. hervor, wo vorher keine Qu. floss; nach einiger Zeit hörten sie jedoch zu fliessen auf (Essai sur.. Dom. 1776). — Bei einem Erdbeben (1857?) zu Korinth u. Kalamaki kam bei einer Solfatara eine später wieder verschwindende Schwefelqu. hervor. — Die Thermen von St. Euphemia in der Terra di Amato, welche während des Bebens von 1638 hervorgebrochen sind, wurden im Febr. 1783 (wohl unter einem Erdbeben) verstärkt u. heisser. (Lyell Geol. I.) — Bei dem Erdbeben vom 28. Aug. 1714 auf Kephalonia kamen heisse Qu. aus der geöffneten Erde. — Zur Zeit des Lissabonner Erdbebens öffnete sich der Berg oberhalb der Therme von Natters im obern Wallis u. ergoss gewaltige Mengen heissen Wassers. (Bakewell in Phil. Mag. N. S. 1828, Jan.) — Auch zu Baden in Oesterreich soll damals eine Therme (die Engelsburg-Qu.) entstanden sein. (Schenk Taschenb. 1805, 200.) — Während des Erdbebens vom 9. Dez. 1755 zu Brieg an der Rhone spaltete sich die Erde u. aus den Lücken quoll siedend warmes W.. — Die Erdbeben des Walliser Thales im J. 1850 brachten momentane Temperatur-Veränderungen an den dortigen Thermen zu Stande u. an mehreren Punkten der hohen Thäler des Vispbachs u. des Strumbachs sah man warme W. u. warmen Schlamm hervorkommen (Dict. des eaux). — Bei dem starken Erdbeben auf der Insel Imbros (1860?) entquoll aus den Erdrissen ein süsses M.W., das einen stinkenden Geruch verbreitete.

Der Einfluss, den viele Erdbeben auf schon vorhandene W.-Ansammlungen u. Quellen haben, deutet darauf hin, dass frühere Erdbeben auch bei ihrer Bildung von Einfluss sein mochten. Gewöhnlich besteht dieser Einfluss in einer Vermehrung der W.-Masse. Eine solche Steigerung der

W.-Menge lässt sich auf einen vermehrten Zufluss von unten auf (etwa durch innere Spaltungen der Erde, Vergrösserung der Wassergänge überhaupt veranlasst) oder auf den durch das Schaukeln der W.-Behälter vermehrten Zudrang des W. zum Ausflusse hin, auf hinzugekommenen Druck durch Gase u. Dämpfe, auf Entbindung elastischer, einen Druck ausübender Flüssigkeiten durch die Aufrüttlung des W. zurückführen. Auch kann man an eine Steigerung des W.-Druckes durch Verstopfung anderer Quell-Ausgänge, an Hebungen des Bodens der unterirdischen Behälter, an gleichzeitig mit dem Erdbeben eingetretene, starke atmosphärische Niederschläge denken.

Oefters ist eine derartige Vermehrung des W.-Ausflusses bestehender Qu. bei Erdbeben beobachtet worden. Nicht häufig sind solche Beobachtungen an gemeinen Brunnen.

Zu Rom wollte man im J. 1703 ein Höhersteigen des W.-Standes in den Brunnen bemerkt haben u. zu Valencia soll einmal bei einem Erdbeben der Inhalt der Brunnen aus ihrer Umfassung getreten sein. — Vom 1.–10. Jan. 1824 wurden in mehreren Orten Böhmens u. im Erzgebirge viele seit Jahren versiegte Qu. wasserreich (Hallaschka), wobei freilich die Frage für mich unerledigt ist, ob nicht die vorhergegangenen atmosphärischen Niederschläge daran, mehr als ein Erdbeben, Schuld waren. — Noch gewagter ist das versuchte Zusammenbringen des Erdbebens zu Messina mit dem gleichzeitigen Austreten einer kalten Schwefelqu. zu Gecking in Baiern. — Auch mag ich nicht Mamiani nacherzählen, dass bei einem Erdbeben 1838 Abends 10 Uhr (schlechte Beobachtungszeit!) sich das W. in vielen Brunnen um 4—5′ gehoben habe.*)

Bei einigen Qu. des Ararat vermehrte sich durch die Katastrophe von 1840 die W.-Masse bedeutend, z. B. bei den Qu. Ischanak u. Karasu unweit des Dorfes Sardarak.

Sonderbar, dass bei Sauerwässern eine derartige Beobachtung so selten gemacht wurde.

Zu Spa wurde 1692 der Pouhon angeblich wasserreicher u. stärker an Geschmack (durch Zutritt von mehr Gas?).

Oefterer geschieht der Vergrösserung von Thermen durch Erdbeben Erwähnung.

Ob zu Aachen die Thermen am Tage des Erdbebens vom Jahre 1828 wirklich heisser geworden seien, wie angegeben wird, kann natürlich bezweifelt werden, weil Niemand die Temperatur derselben mit dem Thermometer gemessen hat. Dass die Quirinus-Qu. einen sehr starken Schwefelgeruch an diesem Tage ausgestossen habe, mag richtig sein, da der Erdstoss nothwendiger Weise eine mechanische Entwickelung der Quellgase herbeiführen musste. Es wird angegeben, dass sowohl die süssen Qu. als die Mineral-Qu. der Stadt in der heftigsten Bewegung gewesen seien; welcher Art diese Bewegung war, ist aber nicht gesagt. Auch in den Jahren 1755 u. 1756, liest man, wollte ein Bürger Aachens (nur Einer?) alle dortigen Thermen im höchsten Aufruhr begriffen u. sich wellenförmig aufthürmen gesehen haben. Bekanntlich waren es die Erschütterungen des Jahres 1755, welche am 1. Nov. Lissabon in Trümmer legten. Diese Erschütterungen wiederholten sich häufig noch bis zum Ende des Jahres 1759. Sie wurden zu Aachen besonders stark am 26. Dez. 1755 u. 18. Febr. 1756 wahrgenommen.

Beim Lissabonner Erdbeben flossen die Qu. von Bourbon l'Archambault über. — Bei Boirot-Desserviers (1822) findet man folgende Thatsache

*) Bei einem nächtlichen Erdbeben am 20. März 1731 in der Landschaft Paglia soll das Meer fast aus allen Brunnen, welche doch meist 40 Schuh tief gewesen, das W. in die Höhe getrieben u. ausgegossen haben (*Physik. Betracht. über Erdbeben, 1756).

verzeichnet. Am 10.'(!) Nov. 1755 um 11 Uhr erhob sich in einer (oder mehreren?) Qu. von Néris eine Wassersäule von 3—4 Meter Höhe, die sich einige Sekunden hielt. Das Volumen der Quellen des Bassins war wunderbar vermehrt. Das W. nahm eine Milchfarbe an. Die Grundlagen des Cäsarbrunnens wurden weggerissen u. die neue Qu. höhlte sich an dessen Fundamenten ein weiteres u. tieferes Bassin aus. Ein analoges Phänomen trug sich nach Rénaud auch 1759 zu. (Annal. d'hydrol. I, 209.) — Man versichert auch, die Qu. des Römerbades zu Tüffer soll zur Zeit eines neulichen Erdbebens in Italien, was sich bis in die Gegend von Tüffer erstreckte, ausserordentlich vermehrt worden sein (*Macher). — 1690 sollen die Thermen von Gastein bei einem Erdbeben reichlicher u. für eine kurze Zeit trüber geflossen sein. — Bei dem Erdbeben im Juli 1855 sollen die W. von Leuk ums Dreifache gewachsen, dabei trüber u. um 7° (R.?) wärmer geworden sein. (?) — Die Thermen der Lelanthischen Ebene auf Euböa sollen besonders reich nach Erdbeben fliessen. *)

Hierher können noch die Fälle gezogen werden, wo Qu., besonders warme, in Folge einer zeitweiligen Unterbrechung ihres Laufes durch ein Erdbeben nach Ueberwindung des vorgelegten Hindernisses mächtiger als vorher wurden. Dass Wässer durch Erdbeben zuweilen wärmer wurden, gehört insofern hierher, als die Temperatur-Erhöhung von Vergrösserung der Quell-Ausflüsse abhing.

Selbst auf oberirdische u. dem Erschütterungscentrum fern gelegene W.-Ansammlungen haben die Erdbeben zuweilen einen deutlichen, freilich nicht immer erklärbaren Einfluss gezeigt. Das Lissabonner Erdbeben am 1. Nov. 1755 scheint mehrere, selbst ganz ferne Seeen aufgerüttelt zu haben. Auf das Meer wirkte dieses weit ausgedehnte Erdbeben sichtbar ein; in den holländischen Häfen zeigte sich eine ähnliche Empörung der Gewässer, wie bei London, Swansea, Cork, wo die Fluth vorzeitig für eine kurze Zeit eintrat. Den Lago Maggiore sah man bei stillem Wetter während des Lissabonner Erdbebens zweimal ausserordentlich aufschwellen. An demselben Tage soll das W. des Salzunger See's plötzlich in die Tiefe strudelnd zurückgewichen u. bald darauf wieder mit Heftigkeit hervorgetrieben worden sein, so dass es die Ufer überschwemmte. In den See'n bei Templin im Brandenburgischen bemerkte man am 1. Nov. 1755 ausserordentliche Bewegungen. Aehnliches hat man an dem grossen See zu Plön u. am Züricher See beobachtet. (Physik. Betracht. über Erdbeben; 1756.) Das W. des Fahlunflusses erhob sich Mittags desselben Tages 5—6 Ellen hoch am Ufer; was nur etliche Minuten dauerte. Gleichzeitig schwoll der nahe gelegene See bei Milsbo, ½ Ml. vom Kirchspiel Torsang; auch im benachbarten Kirchspiele Wüka schwoll an einigen Orten das W. so auf, dass es das Eis am Ufer zerbrach. Die Seeen Frixen u. Staraleed trieben bei stillem Wetter plötzlich stürmische Wellen u. Wirbel. Einen ähnlichen „Sturm" bemerkte man an einem See Hemen. Wie in Garnett's Reise durch die schottischen Hochlande zu lesen ist, gerieth der Süsssee Loch-Ness an jenem Tage in eine gewaltige Wellenbewegung, während man auf dem Lande nicht die geringste Erschütterung spürte, u. das W. des Loch Lomond stieg zur Zeit desselben Erdbebens plötzlich mehrere Fuss u. fiel dann eben so tief unter seinen gewöhnlichen Standpunkt, welches Ebben u. Fluthen mehrere Stunden

---

*) Eine schriftliche Nachricht bezeugt auch eine gleich nach den ersten Erdstössen im J. 1768 von einem Syndikus beobachtete Erscheinung an der Qu. des Ursprungs zu Baden in Oesterreich; das W. war in einer stark siedenden Bewegung, es stieg beinahe einen Schuh höher u. noch viel stärker als sonst, wobei viel rother Sand ausgeworfen wurde. Der hohe Wasserstand blieb. (Schenk Tasch. 1805.) Sonderbar ist jedoch, dass *Cranz (1777), wohl von demselben Erdbeben sprechend, „welches die Stadt Baden u. ganz Oesterreich erschütterte", sagt, dass es keine Veränderung am Thermalwasser bewirkt habe. Auch kommt das M.W. des Ursprungs immer unter „einem steten Gezische u. einer dem siedenden W. ähnlichen Bewegung u. sichtbaren Entwicklung von häufigen Luftblasen" hervor.

in allmäliger Abnahme dauerte. (Eine ähnliche Hin- u. Her-Bewegung des Loch Tay, die am stärksten am 12. Sept. 1784, u. weniger stark die nächsten Tage bis zum 15. Okt. wahrgenommen wurde, wobei freilich kein Erdbeben oder eine sonstige Erschütterung eines andern W. zu bemerken war, beschreibt derselbe Reisende.) — (Der Spiegel des Laacher Sees soll nach einer Sage beim Lissabonner Erdbeben (1755) sich plötzlich um mehrere Fuss gesenkt haben.)

Sind die Gegenden, wo Thermen oder Sauerwässer oder andere M.W. fliessen, den Erdbeben mehr oder weniger ausgesetzt, als andere Orte? Diese Frage ist einstweilen nicht zu beantworten; nur wissen wir, dass an solchen Orten schon häufig Erdstösse beobachtet worden sind.

Im Folgenden findet man die Jahre aufgezählt, in denen man an einigen Quellorten Erdbeben bemerkt hat.

Eine der ältesten Beobachtungen ist gegeben in einer Inschrift (*Forcell. Lex. lat. s. v. Thermae): „Fabius Maximus V. C. rector provinciae thermas Herculis vi terrae eversas fundamentis restituit." 66 n. Chr. Erdbeben zu Hierapolis. Im J. 447 war zu Konstantinopel **) (in dessen Nähe die Thermen von Brussa sind) u. im Morgenlande ein Erdbeben, gegen 543 eines in der Auvergne, wo so viele Sauer-W. fliessen, 801, 823, 829, 1122, 1141 zu Aachen, (1040 in Smyrna, 1175 in Sicilien), 1201 ein furchtbares Erdbeben zu Tüffer, 1222 oder 1223 zu Aachen, (1244 ein Erdbeben in Burgund, 1248 in Savoyen u. Piemont); am 3. Okt. 1304 ein Erdbeben zu Laach, (1348 in Steiermark, Kärnthen, Ungarn, 1349 in Kärnthen,) 1390 zu Reichenhall, 1395 heftige Erdstösse zu Laach, (1448 in Florenz, 5. Dez. 1456 in Apulien,) 1509 ein heftiger Stoss in der Nähe der Wildbader Thermen, 1517 wieder heftige Stösse im Umkreise von Wildbad, (1538 am Averner u. Lucriner See, 1590 in Oberungarn, Mähren, Schlesien,) 1616 zu Bagnères de Luchon u. Bigorre, 1620 am Rhein (Boppard, Nassau), (1635 in Sicilien), 1638 zu St. Euphemia (in Calabrien u. Sicilien, 1639 in England,) 1640 in Aachen, (1642 in Savoyen u. Piemont, 1654 zu Smyrna das 7. Erdbeben,) 1657 in Neapel, 1688 schwaches Erdbeben zu Neapel, während viele Städte der Umgegend zerstört wurden, *) 1690 starkes Erdbeben zu Neapel, 1690 Stösse in Gastein, besonders im Badberge, 1690 u. 92 zu Aachen, 1692 zu Spa, (1692 od. 93 in Sicilien, 1694 in Calabrien u. Sicilien,) 1695 zu Padua (vgl. die Anmerkung), 1703 Erdbeben zu Rom, (1706, 26 u. 27 in Sicilien,) 1723 heftiger Stoss in der Nähe von Wildbad, 1751 Erdbeben zu Bagnères de Luchon, 1755 zu Néris, Teplitz, in demselben Jahre, 9 Tage vor dem Lissabonner Erdbeben, zu Kannstatt, am 9. Dez. zu St. Moritz u. Kannstatt, vom 9.—15. Dez. zu Brieg, 26. Dez. zu Aachen, 1756 18. Febr. zu Aachen, 1763 zu Aix, 1768 zu Baden in Oesterreich, 1784 in Island, am 8. Hornung Gerassel in der Umgegend von Gastein, 1790 u. 96 Erdbeben zu Salzhausen, 1794 zwei Erdstösse zu Gastein, 1802 ein Stoss zu Salzhausen,

---

*) Konstantinopel hat viele Erdbeben in den frühern Jahrhunderten erlitten.

*) Wepfer (Hist. apopl.) gibt folgenden Bericht. „A. 1688 primum tremuit Neapolis, sed exiguo damno. Oppida tantum quam plurima eidem convicina solo protinus aequata fuere. Biennio post fortissime iterum tremuit Neapolis, quo tempore tremuit etiam Beneventum ab eadem 4 milliariis circiter distans et paulo minus quam tota urbs Beneventana solo exciderat. Per subsequentes deinde annos quam plures Italiae urbes tremuerunt; Ariminium et Ancona urbes, ad oram Adriatici maris positae terrae, motus vim et damna prae caeteris aliis maximopere sentierunt. An. elapso (1694) tremuerunt fortiter Calabria et Sicilia; et solo protinus aequata est nobilis urbs Catania in Sicilia, cuius profecto urbis nulla hodie cernuntur vestigia. Messana urbs in aedificiis mulctata etiam fuit et oppida quamplurima omnino exciderunt. Hoc anno (1695) tremuerunt Venetiae (quod rarissimum est) Patavium et aliae convicinae ditionis Venetae urbes. Proximo elapso Junio tremuit et protinus solo excidit Balneoregium sive Bagnarea urbs provinciae Patrimonii, quadragesimo circiter ab urbe lapide distans; tremuerunt pariter urbes aliae eidem vicinae, prae ceteris Viterbum: terra in pluribus locis aperta est; et oppida fere decem et amplius corruerunt omnino."

1808, 2. April, Erdbeben 6 Meilen NO von Gastein, im Juni zu Vichy, 1822 zu Aix, 1828 zu Spa, Malmedy, Aachen, 1837 zu Tiberias ein sehr starkes, 1841 zu Aix, 22. März zu Ems, 1843 zu Bagnères, 1846 zu Salzhausen, Sassendorf, 29. Juli schwaches im Römerbad, 1848 zu Salins, 1853 od. 54 zu Plombières, 1854 in den Pyrenäen, zu Bagnères, Gazost, Cauterets, Barèges. 1855 im Visp-Thale, 1856 zu Cauterets, 1857 im Wallis, 22. Dez. zu Brussa, 1858 zu Kellberg, 28. Dez. in St. Gervais, 1859, 21. Febr., zu Wiesbaden u. Umgegend, 1861, 14. April bis 25. Mai häufige Stösse zu Bourbonne les Bains, welche einen merklichen aber unbedeutenden Einfluss auf das Regime der dortigen Thermen hatten; die Dörfer, welche die Erschütterung gleichzeitig erlitten, bilden einen sehr regelmässigen Kreis von 30 Kilom., wovon Bourbonne das Centrum ist. Seit 1660 bis 1815 (?) zählt Palasson (Mém. pour serv. à l'hist. nat. des Pyr. 1815) 44 Erdbeben auf; im Allgemeinen waren es leichte Stösse, die aber in der Richtung der Bäder verliefen. Die meisten der aufgezählten Erdbeben sind wohl nur schwache Stösse gewesen. Zu Pyrmont soll nie ein Erdbeben bemerkt worden sein.

Quellen als Ursache von Erdbeben. Einige Geologen sind geneigt, die Erdbeben durch Einstürze u. Zertrümmerungen im Innern der Gebirgsketten entstehen zu lassen. Die supponirten Einstürze könnten hervorgebracht werden durch Auswaschungen von Gyps, Steinsalz, Thon, Sand, Kalkstein etc.. (*Landgrebe, Physik. Erdkunde 1861.)

Volger ist besonders geneigt, den Gyps-Auswaschungen durch Quellen einen grossen Antheil an der Entstehung der Erdbeben u. namentlich der im Visp-Thale in Wallis im J. 1855 erfolgten zuzuschreiben. Von den Leuker Qu. kennt man eine (die Lorenz-Qu.), welche sehr reich an Gyps ist u. die der Berechnung zufolge in einem Jahre nicht weniger als 8 Millionen Pfund Gyps aus der Tiefe fördert, eine Masse, welche als Gypsfels berechnet, etwa 60000 K.F. beträgt. (Die Lorenzqu. gibt täglich 20000 Hektol. W.; [nach anderer Rechnung nur 2590000 Pfund;] da in 10000 Theilen W. kaum 20 Theile Anhydrit sind, so sind in 2000000 Liter W. 4000 Kilogr. Gyps; was fürs Jahr 1460000 Kilo oder 3 Millionen Pfund Gyps ausmacht. 3 Millionen Pfund W. sind aber erst 45000 K.F.; da Gyps noch viel schwerer als W. ist, stellt sich die Summe bedeutend kleiner heraus, vielleicht 10000 K.F.) Diese Qu. würde innerhalb eines Jahrhunderts nach Volger einen Hohlraum zwischen den Gebirgsmassen hervorbringen, welcher bei einer Quadratmeile Flächeninhalt etwa ¼ Fuss Höhe haben müsste. (Petermanns geogr. Mittheil. 1856, H. 3, 85—102). Ich überlasse den Lesern, ob sie eine solche Aushöhlung für hinreichend halten, am Ende einen grossartigen Einsturz der Decke der ausgewaschenen Höhlung herbeizuführen. Der Verf. glaubt, dass sowohl ein zeitweiliger reichlicher Wasserzufluss die letzte Stütze der Decke zernagen könne, als auch, dass eine Entleerung der Wasservorräthe das endliche Niederbrechen veranlassen könne.

Eine andere Ansicht von der Erzeugung von Erdbeben durch das W. drückt Vincentius Belluac. aus. „Terrae motus sepe ostendit fontes fluminaque prius latentia, quum terra scinditur ex vapore unctuoso. Nam in fluviis qui sub terra generantur a monte pluviis, cum aquae multiplicatae sunt, inter ... constrictae, fit ex eis vapor superfluus propter compressionem; scinditque terram et apparent fontes et flumina, quae prius cooperta fuerunt."

§. 48. Eröffnung der Quellen durch vulkanische Kräfte.

> „Regula catholica: Ubicunque Vulcaniae officinae cum metallicis fodinis reperiuntur, ibidem thermas veluti individuos eorum comites abesse non posse ... ostensum fuit."
> Kircher.

Vulkanische Gegenden sind gewöhnlich auch reich an Thermen oder kalten M.Qu., sei es, dass die Vulkane noch thätig sind, wie auf Island,

Sicilien, Java, Neu-Seeland, oder in lange Unthätigkeit versunken, wie im Laacher See-Gebiete u. in der Auvergne u. an vielen andern Orten.

Als Beispiel kann auch der Reichthum der Gegend von Bajä an Thermen angeführt werden. „Dum A. 1638" schrieb Kircher „hunc tractum exanimarem, equidem miratus sum, fontium medicatorum in hoc tractu ebullientium copiam et varietatem, cum vix centum passus conficias, quibus non novus aliquis fons aut lacuna differentis virtutis occurrat. Vidi hic fontem, quem Gillerosi vocant,... proximae sunt aquae, quas Bracchulas vocant, sulphureo-nitrosae naturae; S. Georgii thermae, quae totae nitro constant. Alia Pugilli nuncupata, haemorrhoidum fluori peridonea... Alia Succellaria ad marginem Averni lacus emanans, diluta visitur.... Hisce jungitur Juncana prope Cryptam, eo quod inter juncos ebulliat, potu sumpta pinguefacit, Venerem in frigidis excitat. Sunt et in hoc districtu aliae fontanales; de Petra et quam Plagam appellant Balneolum potissimum ob vim corroborativam Neapolitanis in pretio est. Ad monasterium S. Anastasiae vel exigua scrobe effossa, aqua limpidissima exilit tum potu grata, tum viribus medicatis plurimum pollens."

Vulkanische Ausbrüche sind häufig von Ergüssen warmen oder auch kalten Wassers begleitet. Nicht selten ist solches W. salzig, schweflig oder in anderer Weise mineralisirt.

Man führt vielfache Beispiele von Vulkanen an, welche flüssiges W. ausgestossen haben sollen, doch sind solche Ergüsse oft nur scheinbar u. ist das W. dann von vulkanischen Gewittern abzuleiten oder es kommt, wie auch häufig bei hohen Vulkanen geschieht, von geschmolzenem Schnee. Nicht selten ist auch der Erguss in der plötzlichen Austreibung grosser W.-Massen aus dem lange geschlossen gewesenen Krater oder aus unterirdischen Höhlen begründet; dabei ist das W. kalt oder warm, ziemlich rein oder schlammig, auch wohl mit Fischen beladen. Beispiele führt Naumann (Geognos. I, 1857) an. — Obwohl nicht über der Schneegrenze liegend stossen die Vulkane Javas grosse W.-Ströme aus. — Am 17. Dez. 1631 spie der Vesuv heisses W. mit Conchylien aus (*Bagliv.) — Bei dem Erdbeben zu Lima 1746 öffneten sich 4 Vulkane u. überschwemmten das ganze Land mit ausgeworfenem Wasser. — In China (provincia Sanciorum) kam, wie es scheint bei einem Vulkanausbruche, plötzlich so viel W. aus der Erde, dass sich ein See bildete, der an 200 italienische Meilen maass u. 7 Städte u. alles Lebende zerstörte. (Nach dem Jesuiten Melch. Nugnez 1558.) — Als im J. 1759 (29. Sept.) die Jorullo-Vulkane entstanden, 50 Stunden von Mexiko u. 36 Stunden vom Meere, verschwanden die Qu. der Bäche Cintimba u. San-Pedro, wurden aber später in dem gehobenen Terrain von 2 andern, 57°7 (52°7 nach einem andern Referate) warmen Bächen ersetzt. Hier fliesst auch ein so mächtiges Schwefel-W., wie v. Humboldt nie eines sah. (Journ. de phys., Août 1819.) Seither hat die Temperatur dieser Qu. bis zu 38° abgenommen. (Burkart in Karst. Arch. V, 1, 1832.)

Vulkanische Eruptionen haben nicht selten in historischen Zeiten die Wege für neue Quellen in der Umgebung des vulkanischen Heerdes eröffnet; zuweilen auch auf bestehende benachbarte Quellen einen Einfluss geübt u. die Wärme oder Ergiebigkeit derselben gesteigert.

Die Erdbeben, welche Island so häufig erleidet, stehen im innigsten Zusammenhange mit dessen Vulkanen. Diese Erdbeben hatten nicht selten das Erscheinen von Thermen zur Folge. Doch sollen die intermittirenden Koch-Quellen u. die kleinen Veränderungen im Typus der Erscheinungen von den Ausbrüchen des Hekla ganz unabhängig u. keineswegs durch diese im J. 1845 u. 46 gestört worden sein. Wohl aber kam bei einem heftigen Beben des südöstlichen Islands im J. 1338 aus neuen Spalten ein angeblich nach Schwefel u. Salpeter schmeckendes W. hervor u. der Hekla-Ausbruch, der im Frühling 1597 Island erzittern machte, rief an einer Stelle einen noch jetzt quellenden heissen Sprudel hervor, während er an einer andern Stelle einen solchen zuwarf. Zu Kriserig entstand im J. 1754 od. 55

in ähnlicher Weise eine Springquelle. Während des schrecklichen Erdbebens von 1784 waren nicht allein alle grössern Sprudelqu. des Geysirthales in einer fast ununterbrochenen Bewegung, sondern es zeigten sich in demselben auch noch 35 kleinere Thermen, wovon ein grosser Theil später wieder verschwand.

Dass eine durch vulkanische Kräfte erhobene Insel warme Quellen mitbringt, ist nicht zu verwundern. Ein Beispiel davon hat uns das Alterthum aufbewahrt. „Eodem anno inter insulas Theram et Therasiam (zwei in historischer Zeit aufgestiegene Inseln) medio utriusque ripae et maris spatio, terrae motus fuit. In quo cum admiratione navigantium repente ex profundo cum calidis aquis insula emersit.“ Justin. XXX, 4,

Auch bringen vulkanische Ausbrüche auf dem Festlande wohl neue Ergüsse von kaltem oder warmem W. zu Tage.

So haben wir einen Bericht von Falloppi vom J. 1557 über die von Thermen-Bildung begleitete Erhebung eines Berges am Averner See: „Circa Avernum et circa lacum Lucrinum erat vicus quidam Tripergulum nominatum, in quo a. 1538 circa 3. cal. Oct. cum 15 dies ante continuus et magnus extitisset terrae motus, cessavit circa 3. cal., ut dictum est, et statim apertum est solum: ex quo hiatu venti, fumi, ignesque maximi sunt egressi, nec non pumices, cineresque copiosissimi: ita ut fecerunt montem, qui ad radices est latus 4000 passibus: et in cavernis illis, ex quibus calx, cinis, et reliqua eruperunt, sunt aquae calidissimae.“

Eine ähnliche Erscheinung vom J. 1702 ist bei Bagliv beschrieben.

„Oppidum de Pizzoli majori ex parte corruit. Prope molestrinam, ubi tenuis quidam amnis delabitur, duae voragines apertae sunt, quarum alterutra lata est 60 passus, et exinde vehementer tunc effluxit aqua, et adhuc effluit cum impetu et elevatur in aera ad altitudinem populi; sulphurea est, sulph. (sic) ac coloris lactei, et lapides in magna copia ejecti sunt, et praefatae voragines adhuc etiam eiusmodi aquam ejiciunt cum magno fragore. In terrae motu 2. Febr. (1702) oppidum montis Regalis et vicini campi, erumpentibus derepente novis aquis e tellure, fere ad cubiti altitudinem inundati fuere. Aquae erant saporis salsuginosi. Inter villas Luculli et Tigilli... novus lacus emersit. (Apud Delli Posta)... effluxit noviter lacus, cuius effluxus adhuc perdurat. Refert Capucinus ipsummet vidisse, inter Fanum et montem Regalem.. paulo post (terrae motum) aperiri horribilem voraginem ignis.. exinde, inter montem Regalem, Fanum, eorumque pagos, exsurgere tria magna flumina, efformantia in planitie lacum quendam: postmodum aquam hora 23. ejusdem diei, statim evanuisse.“ *)

Auch noch im J. 1850, wo Messenien von einem starken Erdbeben beunruhigt wurde, bildete sich am Fusse eines vulkanischen Erhebungskegels eine siedend heisse Qu., welche einer Menge von Klüften entströmte u. ausserordentlich stark nach Schwefel roch. Sie verschwand wieder mit dem Aussetzen des Erdbebens.

Nach Pausanias (II) kamen zur Zeit des Königs Antigonus, Sohn des Demetrius von Macedonien, zu Methana an der Westküste des Peloponnes nach einem plötzlichen heftigen Feuerausbruche sehr heisse Salzthermen zum Vorschein. Schon 150 Jahre früher bemerkte Strabo (I, 43), dass in Folge jener vulkanischen Eruption sich aus der Ebene ein 7 Stadien hoher (?) Berg erhoben habe, u. dass noch zu seiner Zeit die ganze Umgegend wegen grosser Hitze des Bodens u. des aus ihm aufsteigenden Schwefeldampfes unzugänglich sei, bei Nacht aber im feurigen Glanz stehe, wobei das nahe Meer in einem Umkreis von 5 Stadien, ja bis zu mehr als einer Meile durch die in dasselbe sich ergiessende Lava in einer kochenden Bewegung sei. Vom Ausbruch der Quellen erwähnt Strabo noch nichts, wohl weil sie noch nicht flossen oder noch nicht bekannt waren (20 n. Chr.), ebensowenig Ovid (Met. XV, 296) in seiner malerisch schönen Beschreibung dieser vulkanischen

*) Beim Vesuv-Ausbruch Dez. 1861 war am Ende der Strada Fontana der grosse Brunnen, welcher die ganze Stadt mit W. versorgt hatte, in siedender Bewegung. Er war an Höhe mehrere Palm gestiegen, obgleich die Beschaffenheit des W. hier nur wenig verändert war.

Eruption. Die höchste Angabe für die Temperatur, welche diese Schwefel-Quellen jetzt haben sollen, ist 33°.

Die chinesischen Annalen von Sanghai sprechen von einem W.-Ausbruch aus einem Erdriss auf einem Hügel beim Tien-See (a. 964), vom Ausbruche vulkanischer Quellen bei Tswagkwei, die die Ernte stark beschädigten (1634), von einem ähnlichen Ausbruche (daselbst?) 1548. vom Ausbruche von 9 vulkanischen Qu. auf den Hügeln von Tsingpu, wobei dicke schwarze Dämpfe aus den Erdrissen strömten (1562), von einem derartigen Ausbruche bei den Tschungkia-Hügeln, wobei ein Theil derselben einstürzte (1598) u. von ähnlichen Erscheinungen (1599, 1609, 1642, 1644, 1692, 1763).

Man darf, wenn auch nicht die Ausbrüche von Schlammströmen 4 Tage nach der Eruption des Ararat u. die Ausbrüche von W., das mit Flusssand u. Erdklumpen bei der Eruption aus vielen Spalten von den Gasen emporgeworfen wurde, doch das dabei aus Erdrissen für sich aussprudelnde W. hier anführen.

Der Zusammenhang der M.Qu. u. Thermen mit den Vulkanen ist aber nicht blos ein formeller, indem die vulkanischen Mächte die Quellwege herstellen, sondern auch ein stofflicher, indem die chemischen Vorgänge, welche den Vulkanismus begleiten, das Material zur Mineralisirung der Quellen liefern, sei dieses Material nun das aus Dämpfen condensirte W., oder condensirte Salzsäure oder andere Gase oder feuerfeste Stoffe. Cf. Hydro-Chemie S. 165. Vgl. auch Hydro-Physik §. 17.

„Merkwürdig ist es, dass, ungeachtet der ausserordentlichen Thätigkeit des Vesuvs u. seiner unaufhörlichen Ausbrüche, die Qu., welche v. Gimbernat seit einem Jahre unter dem Gewölbe des alten Kraters veranstaltete, unverändert fortfuhr, reines u. trinkbares W. zu liefern. Hingegen gibt eine zweite Qu., die er seitdem 20 Schritte von der vorigen, hervorbrachte, stark mit Salzsäure geschwängertes W., dessen Menge aber von einem Tage zum andern, im Verhältniss mit der Thätigkeit des Vulcans abwechselt.“ (v. Strombeck 1821.)

»Mit Sicherheit ist anzunehmen, dass ein grosser Theil der Thermen durch W.-Dämpfe entstehe, welche bei dem grossen Destillationsprozesse in der Tiefe frei werden, sich condensiren u. für sich oder in Verbindung mit atmosphärischem W. zu Tage gehen. Manche Schwefel-Qu. wird ihren Schwefel aus dem Pfuhl erhalten, wo Schwefel entsteht, manches Bitter-W., wo Dolomite gebildet werden.« (v. Alberti.)

Vgl. Daubeny Remarks on therm. springs and their connex. with volcan.; Edimb. 1832. Daubeny Descr. of act. and extinct. volcan., of earthquakes and of therm. springs.

§. 49. Durchbruch der Schichten als Bedingung der Quellbildung.

Wie eine künstliche Eröffnung oder eine natürliche Entblössung der Schichten gemeine W. aufdeckt, so ist dies auch in Bezug auf M.Qu. bei den vielfachen Störungen geschehen, welche das geschichtete Gebirge im Lauf der Zeiten erfahren hat. Bald sind es durch Erdbeben, Dampfausbrüche, oder den gesteigerten Wasserdruck erzeugte Erdrisse, bald Durchbruchstellen vulkanischer Massen, Spaltungen früher eins gewesener Gebirgsrücken, tiefe Auswaschungen von Thälern, wodurch das W. an Tag gelangte. Deswegen liegen nicht blos gemeine Qu.,*) sondern auch viele M.Qu. u. Thermen

*) Ueber die Stadt Dara in Parthien schreibt Justinus (H. XLI, 5): „Loci ea conditio est, ut neque munitius quidquam esse, neque amoenius possit; praeruptis

in engen u. tiefen Thälern oder auch auf Kreuzungspunkten zweier Thäler u. sehr oft auch an einer der tiefsten Stellen des Thalgrundes.

Townsend weist nach, dass es in der Umgegend von Bath 6 verschiedene (Mineral-?)Qu. gibt, welche gleichsam aus so vielen verschiedenen unterirdischen Behältern herrühren, die alle durch Thonwände von einander getrennt sind. Während die eine in der Richtung des Schichtenfalls hervorquillt, rührt die andere von den Zerrüttungen der Schichten her u. quillt aus den Rissen, welche das Gestein durchsetzen. Hopkins hat gleichfalls gezeigt, dass alle beträchtlichen Qu. des Kalkdistrikts von Derbyshire in Verbindung mit grossen Verwerfungen gefunden werden. »Ich kenne« sagt er »keine einzige Ausnahme von dieser Regel, denn überall, wo ich eine starke Qu. beobachtete, erkannte ich immer das unzweifelhafte Vorhandensein einer grossen Verwerfung.«

Den 10^0 warmen Hartfell-Sprudel zu Moffat findet man im Grunde einer tiefen, engen Ravine, deren Wände bis an den Gipfel durchaus blossgelegt sind. Die Lagen bilden mit dem Horizont einen Winkel von 15^0. Nahe beim Ausgang der Schicht ist das durch Filtration Eisenvitriol aufnehmende Wasser.

»Alle diese Säuerlinge« sagt *Stifft von einigen M.Qu. in Nassau »haben das mit einander gemein, dass sie bei dem Zusammentreffen eines Seitenthales mit dem Hauptthale vorkommen. Uebrigens sind sämmtliche Thäler in diesem Gebirge Querthäler u. durchschneiden die Schichtungen in mehr oder weniger grossen Winkeln.«

Die kohlensauren Eisen-Qu. von Wildungen »kommen, ausser dem Salzbrunn, südlich von der Stadt im Bereiche des Grünsteins u. jener nach den Liegenden hin, wo sich die Eisenkiesel-Ablagerung findet, zu Tage u. zwar in von W gegen O gehenden Thaleinschnitten. Die Gebirgsscheide, als die Grenze zweier Gebirgsarten, von denen der Grünstein in seinem jetzigen Verhalten der jüngere ist, also Veranlassung zu einer Communikation mit dem verborgenen Herde des tiefern Erd-Kernes gegeben, ist der Weg, auf dem die Kohlensäure ihren Ausgang nach Tage hin findet.« Die Eisenkiesellager, die in der Nähe der Quellen sind, sind wohl frühern aus der Tiefe gekommenen Qu. zu verdanken. Gegen W des Grünsteins lagern Schieferschichten, die bis auf 80—100 Lachter Abstand (wohl von Kohlensäure-Strömen) ganz aufgelöst u gebleicht sind. In den tiefsten Thaleinschnitten fliessen die jetzigen Quellen.

Es liegt die Salz-Qu. zu Plauen im Kreuzungspunkte zweier grossen Gebirgsspalten.

Durch die Unterscheidung zweier Alpensysteme, die sich nacheinander erhoben haben, wird es begreiflich, wie an einem der Kreuzungspunkte,

---

rupibus undique cingitur. Fontium ea copia est, ut aquarum abundantiâ irrigatur." — Nach Ph. Balde (Beschr. der Insul Ceylon 398) ist auf der 1259 geogr. Ml. grossen Insel Ceylon kein W., als nur an einer sehr klippigen Stelle von einer guten Viertelstunde im Umfang. Hier sollen nach der Meinung der Einwohner die Klippen vom Donner gespalten sein. In jedem Brunnen ist ½—1' Wasser.

zu Leuk, die wärmsten (am tiefsten gehenden), an dem andern, am Montblanc, so viele Qu. hervortreten.

Fast bei allen nassauischen M.Qu. finden sich merkwürdige Veränderungen im Streichen u. Fallen der Gesteine; besonders sattelförmige Erhebungen, oft auch auf dem Rücken des Sattels Zerreissungen der Schichten. Die heissen u. warmen Qu. u. die Schwefel-W. liegen sämmtlich am südöstlichen Abhange des Taunus u. im tiefsten Niveau, Ems mit dem grössten Gehalte an Kohlensäure dem Haupteruptionskegel der rheinischen Vulkane am nächsten.



Fig. 6. Taminaschlund.

Die Thermen von Pfeffers liegen 682 Schuhe von der Bade-Anstalt entfernt; man kann sie nur durch ein finsteres Felsengewölbe, in dessen Tiefe die Tamina tost, erreichen. Schroffe Kalksteinwände erheben sich 200—290′ hoch; sie bilden eine enge Spalte u. stossen sogar oben aneinander. An eine der Felswände, 30—40′ über der Tamina ist ein Brettersteg befestigt, auf welchem man zu den Thermen hingelangen kann.

»Von der Gegend des Herkulesbades bei Mehadia an treten die Gebirgswände zu beiden Seiten des Flusses so nahe heran, dass am rechten Ufer nur noch Raum für eine Landstrasse übrig bleibt. Die Bergabhänge zeigen sich allenthalben mehr oder weniger steil. Die dem Ferdinandsbrunnen gegenüber vom linken Ufer fast senkrecht aufsteigende Felswand schätzte ich 16—1800′; ihre Fortsetzungen nach Norden geben ihr hierin wenig nach. Die Höhen des rechten Ufers mögen sich zu 15—1600′ erheben. Es geht daraus hervor, dass die Sonne in das nahe Thal spät eindringt, auch sich schon früh wieder aus ihm verabschiedet.« (*Wutzer.)

Im sibirischen Grenzland sprudelt nach Atkinson nicht weit unterhalb des Wasserfalls des Kopals in einer Schlucht, deren Wände aus gelbem u. purpurrothem Marmor von auffallender Schönheit bestehen, der Arasan, eine 38°5 warme Quelle.

Ihrer Temperatur nach sind die 64° warmen, neben einer 6°9 kalten Qu. sprudelnden Aguas calientes in Californien, so wie die heissen Qu. am Gila beim Cerro negro merkwürdig, nicht minder die Salsen in der Coloradowüste am östlichen Fuss der californischen Cordilleren, letztere 47°8—56°9 warm; eine Gasmündung zeigt 76″9. »Es ist gewiss beachtenswerth, dass sie überall in natürlich tiefen Oertlichkeiten, wie Flussthäler, oder auf der Sohle von Hauptbecken sich zeigen. Wo diess nicht der

Fall ist, brechen sie wenigstens nicht durch tiefe sedimentäre Schichten. Auch im Thal des Bravo del Norte, etwa 200 Meilen oberhalb der Einmündung des Puercos, scheinen heisse Qu. diese Annahme zu bestätigen.« Die Salsen liegen fast auf gleicher Höhe mit dem Meeresspiegel; die Aguas calientes kommen in einer Höhe von 3000′ unmittelbar aus krystallinischen Schiefern in einem Querthale ganz in der Nähe, wenn nicht in der Hebungsachse des Hauptstocks der californischen Cordillere hervor. »Aehnliche heisse Qu. wurden im Felsenthal des obern Bravo del Norte angetroffen. Eben solche westlich von El Paso am Wüstenfluss Mimbre. Beide befinden sich gleichfalls auf vulcanischen Hebungsachsen. Dies scheint besonders deutlich bei ersterem, wo sie dicht am Flussufer zwischen den mächtigen neptuno-vulcanischen Gesteinsschichten, als Kreidekalk u. Trapp u. Mandelstein, da zu Tage treten, wo die Cordillere von Coahuila, von Santa Rosa herkommend, den Rio Bravo durchsetzt u. dessen grosse westöstliche Strombeuge verursacht.« (A. Schott in: Ausland; 1862.)

Oefters ist die Ausbruchsstelle der Thermen durch eine plötzliche Wendung des Thales bezeichnet.

Die Lage-Verhältnisse der Thermen von Baden in der Schweiz zeigen gewaltsame Störungen. Die Thermen quellen in einem engen Thale an der Stelle, wo das Flüsschen plötzlich unter einem spitzen Winkel einbiegt. Die Schichten neigen sich unter 60—70° centripetal von allen Seiten der Ausbruchsstelle zu, in welcher der Dampf vielleicht einst die Kalkschichten auseinandersprengte. Vgl. Taf. III, 3.

Zu La Chaudeau, westlich von Plombières, ist ein laues W. (23°), das täglich mehr als 200 K.M. beträgt; es kommt aus Vogesensandstein grade da hervor, wo das Thal plötzlich seine Richtung ändert.

Die zahlreichen M.Qu. in der Umgegend von Marienbad treten auf einem Spaltensysteme längs der Grenze des Granits mit dem Gneisse u. dem Hornblendeschiefer an den tiefsten Thalpunkten hervor.



Fig. 7. Durchschnitt des Erhebungsthales von Pyrmont.

Zu Pyrmont, Driburg u. Meinberg wurden durch die Aufrichtung der frühern Thäler die secundären Schichten gehoben u. tief zerrissen u. so ein Weg für die Säuerlinge nach oben gebahnt. *) Vgl. Taf. III, Fig. 4.

*) Auch Orte, wo blos Gasströme aufsteigen, sind öfters durch eine eigenthümliche Formation oder Spaltung der Gebirge ausgezeichnet. Als Beispiel kann die von Justin (Hist. XXIV, 6) gegebene Beschreibung der Lage des Delphischen Orakels dienen. „Templum Apollinis Delphis positum est in monte Parnaso, in rupe undique impendente... Templum et civitatem non muri sed praecipitia defendunt... Media saxi rupes in formam theatri recessus... In hoc rupis anfractu, media ferme montis altitudine, planities exigua est, atque in ea profundum terrae

Ueber Mseno schrieb Reuss (1803): »Der Winkel, unter welchem die Sandsteinschichten gegen O mit einiger Abweichung gegen S einfallen, beträgt selten mehr als 7—8°. Das Streichen derselben ist St. 1. Von diesem gewöhnlichen Verhalten weicht der Sandstein nur an einer Stelle ab. u. zwar dort, wo die Trinkqu. hervorquillt; denn hier scheinen seine Schichten auf dem Kopfe zu stehen, werden aber durch seiger niedersetzende Klüfte wieder so getrennt, dass sie Aggregate von Säulen darstellen. Das hier beobachtete Streichen war St. 8,2.«

Die Borsäure-haltigen W. in Toscana kommen aus einer gewaltsam durchbrochenen Stelle des Flötzkalkes hervor. Taf. III, Fig. 1 gibt eine Ansicht der dortigen geologischen Verhältnisse. DD bezeichnet Lager von rauchgrauem dichtem Flötzkalk, welche weiterhin sich regelmässig unter Serpentin erstrecken, an den Ausbruchsstellen aber in zerrissener Form sich plötzlich senken u. das Thal von Monte Cerboli, den Sitz der Quellen, bilden. M: Regellose weiche thonige Masse mit Fragmenten von Mergelschiefer u. Kalkstein, aus deren Ritzen die Dämpfe ausströmen, die in den Lagonis, LL, Borsäure absetzen. dd: Kalksteintrümmer.

Man beobachtet die M.Qu. besonders in den grossen Bruchlinien, im Alignement der Fumarolen, Solfataren u. Lagoni (Ch. St. Claire-Deville).

Die Oasen Afrikas verdanken dem Ausgehen wasserführender Schichten u. dem Quellwasser ihr Dasein; wo, wie nicht selten, die Oasen-Qu. warm sind, hat man an einen aus der Tiefe erfolgten Durchbruch zu denken. Die Qu. der kleinen Oase, Ouah el Baheryeh (Garbi), die 2—4 Meilen im Durchmesser hat, scheinen aus dem strichweise von Kalk bedeckten Sandsteine hervorzukommen u. von einer Eruption herzurühren, da die höchsten Stellen einer von Sandstein gebildeten Gebirgskette durch eine vulkanische Gesteinslage von 7 M. Dicke bedeckt ist. *)

Viele Thermen scheinen Elie v. Beaumont nur eine Art vulkanischer Emanation zu sein; wie die Erzgänge sich vorzugsweise an solchen Stellen finden, wo der Boden Zerstörungen erlitt u. sich um gewisse alte Eruptivgesteine gruppiren, so finden sich die Thermen um neuere Eruptionen u. um noch thätige Vulkane. Nach Newbold kommt die Mehrzahl der Thermen in Indien an oder nahe an den Linien grosser Verwerfungen vor, die durch Hebung plutonischer Felsen entstanden. Aehnliches findet bei einigen Thermen Kleinasiens statt. Nicht selten sind nach François an einem Quellorte, wo mehrere Qu. bestehen, auch mehrere Durchbrüche oder Eruptivsteine, die der Lage nach mit den Qu. zusammenkommen. So ist es zu Luchon, Ax, Barèges, St. Sauveur, Châtelguyon, St. Nectaire, Chateauneuf etc. der Fall. Diese Durchbrüche, Adern, Venen oder Ergüsse des Gesteins

---

foramen, quod in oracula patet: ex quo frigidus spiritus, vi quadam, velut vento, in sublime expulsus, mentes vatum in vecordiam vertit; impletasque deo responsa consulentibus dare cogit."

*) Eine solche Oasen-Qu. ist auch wohl die bei Plin. (XVIII, 22) erwähnte. „Civitas Africae in mediis harenis, petentibus Syrtes Leptinque magnam (Tripoli), vocatur Tacape (Ghabs), felici super omne miraculum riguo solo: ternis fere M pas. in omnem partem fons abundat, largus quidem, sed certis horarum spatiis dispensatus inter incolas."

theilen sich in der Tiefe u. daher müssen auch die Quellen gruppenweise hervortreten.

Die günstigsten Punkte für das Hervorbrechen der aufsteigenden Qu. finden sich überhaupt an der Grenze zwischen den geschichteten u. ungeschichteten Gebirgsformationen, dort wo die emporgehobenen Massen mit den aufgerichteten durchbrochenen Flötzschichten zusammentreffen. In den penninischen Alpen treten die Thermen theils im krystallinischen Gebirge der Centralkette selbst, theils u. zwar am häufigsten, am Rande derselben an der Grenze der ungeschichteten u. geschichteten Formationen hervor. (Bakewell in Phil. Mag. 1828, Jan. p. 14–59.) »Die untere Ahr gehört ganz der Devonischen Grauwacke an, u. die vulkanischen Erhebungen sind hauptsächlich die Basalte der Landskrone u. der Neuenahr, an deren Fuss dort die Heilquellen von Heppingen u. Landskron, hier die Thermen von Beul entspringen. Zwischen beiden, auf derselben Felsspalte finden wir den Apollinarisbrunnen u. unten gegen den Ausfluss der Ahr hin die neuen Qu. von Sinzig. Es ist bekannt, dass in der Nähe von einzelnen Basalteruptionen mitten im neptunischen Gestein sehr häufig M.Qu. u. namentlich solche, die kohlensaures Natron enthalten, gefunden werden u. so können wir mit Bestimmtheit die Basaltkuppen als die Bringer der M.Qu. des Ahrthales ansehen. (Spengler.) — Unfern Guanaxuato in Mexiko entquellen entfernt von jedem aktiven Vulkane die fast kochend heissen Aguas de Comangillas einem Basaltgebirge; diese Basaltmasse hat einen säulenartigen Porphyr gangartig durchbrochen, der selbst wieder auf Syenit ruht. Der Basalt spielt sehr häufig den Vermittler für das Hervorkommen von Thermen u. Sauerwässern.

In den Pyrenäen überzeugte sich Forbes, dass die dortigen Thermen gewöhnlich in Spaltenthälern u. zwar ausschliesslich am Rande des Granitgebietes selbst auftreten. Alle treten nur in Schluchten des jüngern Gebirges aus, in welchen der Granit an der Basis der Abhänge aus der Tiefe hervortaucht. Die Pyrenäen erhielten ihre gegenwärtige Stellung in Bezug auf die benachbarten Theile der Erdoberfläche zwischen der Periode der Ablagerung des Grünsandes u. der Kreide (einer Formation, deren aufgerichtete Schichten bis zum Kamme dieses Gebirges hinaufgehen) u. der Ablagerung der tertiären Schichten. Dies ist denn auch die Zeit, in welcher die dortigen aufsteigenden Qu. ihren Anfang nahmen, u. es erklärt sich, warum sie zwischen Granit u. den aufgerichteten Schichten des Schiefers u. der Kreide hervorkommen. Den Hauptheerd der Thermen in den Pyrenäen deckt die grosse Granitmasse des Canigous. Kein anderer Theil der Gebirgskette hat zahlreichere oder wärmere Quellen; zu Preste, Arles, Olette, Nyer, Vernet, Molitg, Vinça, St. Thomas (58⁰), Thues (67⁰8), Escaldas, Dorres, Ques u. Lo kennt man Thermen, die alle in den Thälern quellen, welche in verschiedenen Richtungen vom Canigou ausstrahlen. Nach W kommt man auf die sehr warmen u. zahlreichen Qu. von Ax; tiefer trifft man die von Ussat. Weiter nach W hin vermindern sich die Granitmassen mit der Zahl u. der Wärme der Wässer; u. wenn die von Luchon, Barèges u. Cauterets noch recht warm sind, so hängt dies damit zusammen, dass nicht weit davon der Granit anschwillt u. die Berge Maudites bei Luchon,

Néouvielle bei Barèges, Le Vignemale bei Cauterets u. den Pic du Midi d'Ossau bei Eaux chaudes bildet. Immer geht die hohe Temperatur mit dem Hervorragen des Granits zusammen, wie ein Blick auf die geognostische Karte Charpentiers zeigt. Davon gibts keine Ausnahme. Bei Cambo ist die Wärme des W. nur noch 18⁰ u. der nahe Granit nur von geringer Ausdehnung u. dieser ist noch kleiner bei Labassère, wo die M.Qu. nur 14⁰ hat. (Marchant Rech. sur les eaux min. 1832.)

In Galizien treten Thermen theils aus Granitthälern, wie die von Cuntis zwischen St. Jago u. Ponteredra, theils aber auch auf der Grenze des Granits u. der krystallinischen Thonschiefer, wie die stark heisse Quelle von Lugo zu Tage (Schulz Descr. geogr. del Reino de Galicia; 1835), ja verfolgt man den Zug der zahlreichen Thermen weiter über die Grenzen Portugals, so ergibt sich auf das Deutlichste, dass dieselben fast ohne Ausnahme nur längs der Ränder der mitten in dem Thonschiefergebiete dieser Gegenden auftretenden Granitmassen u. Granitinseln hervorkommen (Gumprecht in Monatsber. d. Berl. geol. Ges. 1850. VII, 142).

Eine von Baden aus über Wildbad u. Liebenzell, wo überall Thermen fliessen, gezogene Linie geht mit ihrer östlichen Verlängerung durch den Thalkessel von Stuttgart, wo Ur-Thermen eine Menge Tuff abgelagert haben u. eine Reihe warmer Sauer-W. erbohrt worden sind. An den Quellstätten jener Thermen sind einzelne Granitdurchbrüche sichtbar, während der Granit den Stuttgarter Sedimentärboden zwar gehoben zu haben scheint, aber nicht durchbrochen hat. (Vgl. Walchner Darstellung d. geol. Verh. der am Nordrande des Schwarzwaldes hervortret. M.Qu.; 1843.) — Ganz entsprechende Erscheinungen finden sich am Fusse der Vogesen, wo die Thermen von Luxeuil, Plombières u. Bourbonne les Bains unmittelbar aus Granit erscheinen, der von buntem Sandstein bedeckt ist. (Vgl. Gumprecht M.Qu. Afrikas; 1851, 14—18.) Backewell entwickelte eine ähnliche Ansicht über das auf der Sohle der tiefen Engthäler der savoyischen Alpen so häufige Auftreten von Granit u. krystallinischen Schiefern u. das Emporsteigen der Thermal-W. unmittelbar aus solchen Gesteinen, wie denn auch A. v. Humboldt darauf aufmerksam machte, dass die heissern Qu. stets in oder unter dem Granite in die Höhe treten (Reise in die Aequinoctialgeg.; 1820, III, 145, IV, 48).

Die Westgrenze des Kohlenbassins von Brassac wird von einer Granitmasse gebildet, die in vulkanischer Weise von Porphyr durchbrochen wurde. Diese Masse bildet einen Wall, worauf die Tertiärschichten ruhen, welche die Kohlenformation bedecken. An den Seiten dieses Granitwalles kommen nicht blos M.Wässer, sondern auch bedeutende Mengen von Kohlensäure hervor. Dieses Gas geht den Schichtungen nach u. verbreitet sich in den Räumen des Tertiär-Sandes.

»Das Auftreten von mineralhaltigen u. heissen Qu. auf den Aussenseiten u. nicht im Mittelpunkte dieser Gegend« äussert sich Forbes in einem Aufsatze über die M.Quellen der Dauphiné »bestätigt auf merkwürdige Weise die Ansichten, welche ich im Jahre 1836 in einer Abhandlung über die Mineralwässer der Pyrenäen, in den Philosophical Transactions enthalten, aufgestellt habe. Die grossen Erschütterungen, welche die Spalten sowohl

in geschichteten als ungeschichteten Gesteinsarten erzeugten, gaben jenen unterirdischen Strömen Raum, welche gewöhnlich aus Klüften genau in der Scheidungslinie der primären u. secundären Formationen entspringen. Metalladern sind nicht selten Begleiter derselben. Die Quellen von La Motte bei La Mure am Laufe des Drac befinden sich genau in der eben beschriebenen Lage u. erscheinen auf der geognostischen Karte von Frankreich im Verein mit kleinen Granitausbrüchen. Sie entspringen der Beschreibung nach in einer so engen u. steilen Schlucht, dass das W., welches eine Temperatur von 56°2 C. haben soll, in einer Strecke von Mauleseln herabgetragen werden muss, bevor man es zu medicinischen Zwecken verwenden kann. Zwei andere Qu., welche ich selbst untersucht habe, entspringen in dem Isère-Thal, genau auf der Grenze zwischen dem Primär- u. Secundärgestein. Die von Uriage, ungefähr 6 Meilen von Grenoble, ist schwefelhaltig u. bricht in einem tiefen Thale hervor, wo Granit u. Lias an einander stossen. Die Vereinigung selbst ist jedoch von einer grossen Masse Gerölle verdeckt, durch welche sich der Quell einen Ausweg erzwingt. Er wird in einer unterirdischen Leitung auf eine Entfernung von 6—700 Schritt vom Ursprunge nach dem Badehause geleitet, wo er mit einer Temperatur von 21°4 hervorkommt. Der andere Quell ist der von Allevard, einige französ. Meilen gegen NO von dem ersten entfernt. Er entspringt in einem kleinen Seitenthale der Isère, genau da, wo ein Bach, der Breda, von der hohen, oben erwähnten, mit den Les grandes Rousses vereinigten Gebirgskette in das Thal hinabstürzt. Dieses kleine Thal oder vielmehr die Schlucht, von wildem, malerischem Charakter scheint durch eine Spaltung entstanden zu sein u. vereinigt in gewisser Hinsicht ebensoviel Interesse von geologischem als landschaftlich schönem Gesichtspunkte, zwischen der lieblichen Scenerie der fruchtbaren Lias u. der wilden Erhabenheit der schneegekrönten Granitgipfel, auf welche sein natürlicher Thorweg unmittelbar hinleitet. Genau am Eingange in diese Schlucht also u. innerhalb weniger hundert Schritte von der Vereinigung des Kalksteins mit dem primären Talkschiefer entspringt dies schwefelhaltige W., welches keinen bedeutenden Wärmegrad besitzt. Ausgedehnte Werke auf kohlensaures Eisen befinden sich in der Nachbarschaft. Der Eisenspath sondert von den Salbändern des Ganges unzählige Fragmente des Nebengesteins ab, welches aus gräulichem Talkschiefer besteht.« (Balneol. Ztg. VI.)

Die Anordnung der M.Qu. des Puy-de-Dôme-Departements ist von der geologischen Formation abhängig. Urweltliche Revolutionen haben im Boden der Auvergne mehrere parallele, constant von N nach S verlaufende Bruchlinien erzeugt. Die weite Ebene der Limagne bietet einen solchen Bruch dar, welcher sie in zwei, fast gleiche Hälften theilt u. welcher das Flussbett des Allier verfolgt. Es sind noch zwei andere Brüche vorhanden, der eine am Fusse der Abhänge des Porphyrs von Forez, welche die Ebene nach O begrenzen, der andere an den Granithöhen, welche westlich liegen. Auf dieser westlichen Linie sind mehrere Vulkane ausgebrochen; die meisten Vulkane der Auvergne haben eine grosse Dislocationslinie eingenommen, welche etwas mehr nach W liegt; dort sind 60 Kraterkegel der Kette der Monts Dômes u. die gewaltigen Trachyte des Mont Dore, des Cantal u. des

Mézène gelagert. Eine fünfte Spalte, worauf auch einige vulkanische Punkte liegen, zeigt sich etwas mehr nach W u. folgt dem Thale des Sioule-Baches. Auf diesen Bruchlinien treten nun auch die meisten Thermen hervor. Auf der Bruchlinie an der Basis der Forez-Berge liegen die Wässer von Chateldon u. die um Thiers u. Ambert; auf der Spalte im Allier-Bette mitten



Fig. 8. Vulkangruppe des Puy-de-Dôme.

in der Ebene sieht man die von Vichy, Hauterive, Médagne, Vic-le-Comte. Die westliche Spalte der Limagne hat am Fusse der Granitfelsen die M.Qu. um Issoire, die von Clermont-Ferrand, Royat, Châtel-Guyon. Auf der Spalte der Linie der Hauptvulkane findet man die Thermen von Mont-Dore u. St. Nectaire; auf der westlichen Spalte des Sioule-Thales die von Pontgibaud u. Châteauneuf. (Nach Gonod.) *)

François hat die geologischen Ursachen der Ausbruchspunkte der Thermen u. M.Qu. in umfassender Weise besprochen. Zur Ergänzung des Vorhergehenden schliessen wir hier seine lehrreichen Erörterungen an.

„Wenige Ausnahmen abgerechnet, liegen die Thermen in Gebirgs-Gegenden. Im Allgemeinen sind sie um so häufiger, je mehr die verschiedenen krystallinischen u. eruptiven Gesteine zum Durchbruch gekommen sind, u. wie es scheint auch, je massenhafter u. verschiedenartiger das vulkanische Gestein ist. Unter übrigens gleichen Umständen sind sie auch um so zahlreicher, je jünger das Gebirge oder je weniger entlegen der Zeitraum der plutonischen oder vulkanischen Phänomene ist."

„Betrachtet man eine Bergkette, die reich an Thermen ist, im Ganzen, so bemerkt man, dass die Ausbruchsstellen dieser W. es lieben, sich nach graden Linien zu gruppiren, welche mit der Axe oder den Axen der Erhebung merklich parallel laufen. Dies ist besonders ausgesprochen, wenn diese Axen sich den Eruptionslinien der plutonischen Gesteine annähern. Ausserdem liegen die Thermen einer Bergkette häufig an den Grenzen der krystallinischen Felsmasse, wovon die Gründung des Gebirges abhing. Die Thermen lieben in gleicher Weise die Durchbruchstellen der Eruptiv-Gesteine, die Axen der Brüche, die Thalwege u. Verwerfungen (failles). Auch scheint die Mischung der Qu. in Beziehung zu stehen mit dem relativen Alter u. der Natur der nachbarlichen Eruptivfelsen."

„Zur Begründung des Gesagten wollen wir die Thermalgruppen der Pyrenäen-Kette anführen, u. die des Canigou, der Cevennen, der Alpen u. des Central-Gebirges unseres Landes, Puy-de-Dôme u. Mont-Dore. In den letztgenannten Gebirgen lässt sich die Beziehung des Ursprungs u. der Lagerung der Thermen mit dem Granite

---

*) Ueberall, wo sich die Lavaströme in Südfrankreich endigen, brechen reiche Qu. hervor, zu Volvic, St. Vincent, Sayat, Nohannent, Fontmore, Royat, Oradou u. Massages. Sie kommen aus den unregelmässig vertikalen Spalten der Lava heraus. Man nimmt an, dass sie vorhanden waren, ehe die Lava sich über sie ergoss. Steininger meint, sie würden durch W.-Dämpfe, die an den Lava-Wänden sich „zersetzen", verstärkt, da einige derselben im Sommer stärker als im Winter fliessen sollen (Erlosch. Vulk. in Südfrankr. 1823, 83).

einerseits u. mit den Porphyren u. den vulkanischen Felsen andererseits nicht läugnen. Von Chatelguyon u. Châteauneuf, über Rouzat, St. Myon, ist die Nähe, u. zwar oft die unmittelbarste, des Porphyrs u. der Thermen offenbar. Dasselbe lässt sich sagen von gewissen Wässern, wie von den Serpentinen der Alpen, besonders in den Gebirgen des Herzogthums Genua, der Provinzen von Aoste u. Acqui."

„In den westlichen Cevennen trifft man die Sauerwässer am häufigsten an der Grenze der Granitmassen (La Malou, Rieumajou etc.), während die gemischt salinischen W. an die Nähe der Porphyre gebunden sind, welche in den Secundär-Schichten zu Tag getreten (Avesnes, Lacaune etc.)."

„Im Canigou bilden die Schwefelnatrium-W. von La Preste bis Font-pédrouse eine ununterbrochene Linie, die von S nach NW läuft u. zwar um eine Granitmasse herum. Die Grenzen dieser einhaltend brechen sie in den Thalwegen auf Bruchlinien hervor (La Preste, Vernet etc.), auf den Durchbruchspunkten der Porphyrfelsen (Amélie-les-Bains), in Kieselschiefer- u. Quarz-Gängen (Olette, Canavailles, Thuez)."

„In den Pyrenäen folgen die Schwefelnatrium-W. beider Abhänge den Axen u. besonders den Grenzen der Granitmassen, während die gemischt salinischen W. (meist Chlor u. Sulfate enthaltend) nach den Linien u. Auftritts-Punkten der Ophite verlaufen. Die Schwefel-W. dieser Kette sind nicht gleichmässig an den Grenzen der Granitmassen oder in der Nähe dieser Grenzen vertheilt; man beobachtet sie namentlich bei u. in den jüngsten Eruptiv-Gesteinen, wie Pegmatit, Amphibolit, Petrosilex, Eurit u. s. w., die unweit dieser Grenzen zum Durchbruch gekommen sind."

„Zu Molitg, Carcanières, Cauterets (südl. Quellgruppe) etc. hängt die Lagerung der Schwefel-Qu. mit den Bruchlinien des Granits zusammen. Zu Ax, Mérens, Luchon, in den Thälern von Arrau u. von Aran, constatirt man die Nähe u. Anlagerung verschiedener Pegmatite, Eurite u. grossglimmeriger Granite. Der mehr oder weniger chloritreiche Kieselschiefer, im Uebergange zum Eurit, wird zu Barèges, St. Sauveur u. Cauterets (östl. Quellgruppe) beobachtet. Endlich scheinen die Schwefel-Qu. von Bonnes, Gazost, Labassère, obschon in Verbindung mit dem Urgesteine, auch in Beziehung zu den Linien der Ophite zu stehen, wobei merkwürdig ist, dass die letztbezeichneten W. sich durch starken Chlorgehalt u. merklichere Anwesenheit von Jod unterscheiden."

„Was die gemischt salinischen W. der Pyrenäen betrifft, so unterliegt ihre Verbindung mit den Ophiten nicht dem mindesten Zweifel. Mehrere dieser Qu., Salies, Roc-de-Lannes zu Bagnères, Salies (Ariège), St. Christau (Basses-Pyrénées) kommen aus den Ophiten selbst hervor. Ueberall findet man die Beziehungen der Lage u. Nähe sehr deutlich."

„Aus dem Vorhergehenden folgt, dass in einer Bergkette, wo die krystallinischen, plutonischen oder vulkanischen Gesteine, an die Oberfläche gekommen, die vorhandenen Thermen an den Punkten hervorgedrungen sind, wo sich ihrem Aufsteigen der geringste Widerstand entgegensetzte, wie in den Thalwegen, auf den Bruchlinien, auf Gängen, Spalten u. endlich an den Grenzen des Urgesteins. Ausserdem werden im Allgemeinen diese W. in der Nähe oder selbst im Innern der plutonischen oder vulkanischen Eruptivgesteine sein, welche durch krystallinische oder überdeckende Sedimentär-Formationen durchgebrochen sind. Der Mineral-Gehalt der W. variirt sehr häufig nach dem Alter u. der Natur der anliegenden Eruptiv-Gesteine. Unter den Eruptiv-Gesteinen derselben Kette scheinen die jüngsten, unter sonst gleichen Verhältnissen, am häufigsten in Lage-Beziehungen mit den Thermen zu stehen. Es begreift sich in der That leicht, dass für aufsteigende unterirdische W. keine günstigere Veranlassung zur Bildung von Ausfluss- u. Aufsteig-Kanälen sein kann als die durch Felseruptionen hervorgebrachten leeren Räume, sei es, dass man die Wirkung dieser Eruptionen auf das einschliessende Terrain oder dass man blos die Folge der beim Erkalten vorsichgehenden Volumens-Verminderung der Eruptionsmasse beachtet."

„Wenn wir uns nun eine Bergkette vorstellen, deren Abhänge blos von Sedimentär-Formationen gebildet sind, ohne oberflächliches Erscheinen der Felsen, deren Erhebung die Bergkette begründete, so können die Punkte des geringsten Widerstandes, die zu Ausfluss-Kanälen für die Thermen werden, nur an den Bruch-

linien liegen, welche die verschiedenen Formationen trennen, oder in den Einsenkungen (failles), namentlich auch solchen, die parallel den Erhebungs-Axen sind, zu deren Bildung es im Allgemeinen stärkerer u. tieferer Eingriffe bedurfte, als zu der der Querlinien. In den so beschaffenen Gebirgszügen sind die Thermen weniger häufig, weniger verbreitet u. weniger verschiedenartig."

„Der Theil des westlichen Abhanges der Alpen, welcher von den Departements der untern u. höhern Alpen, des Vaucluse u. von der südlichen Abtheilung des Isère-Departements gebildet wird, bietet davon ein merkwürdiges Beispiel, wie man es auch anderwärts in den savoyer Alpen von Montmélian am Genfer See u. weiterhin finden kann. In der That sind es die grossen Bruchlinien u. Verwerfungen an den Scheidungsgrenzen der secundären Formationen (Kreide, Jura u. Lias), wo sich die Thermen von Gréoulx, Allevard, Challes, Marlioz u. Aix-les-Bains gelagert haben."

„Man könnte gleichfalls als Beispiel des vorliegenden Falles theilweise die Gruppe der W. von Luxeuil, Bourbonne u. Bains citiren, die als Ausgänge Verwerfungen der Trias (in Muschelkalk u. buntem Sandstein) gewählt haben, welche durch die westliche Ausbreitung des krystallinischen Gesteins der Südostspitze der Vogesen entstanden."

„Die Gruppe der W. von Rennes, Campagne u. Alet (Aude), im westlichen Theile der Corbières, liefert ein anderes Beispiel desselben Falles. Hier sind die Wasserkanäle auf den Bruchlinien u. den Verwerfungen des Kreideterrains geöffnet."

„Das aufsteigende Hervorkommen der Thermen geschieht also durch röhrenförmige Züge, die mehr oder weniger regelmässige offene Wege in den Schichten machen, seien es Spalten von Volumens-Verminderung, Brüche, Gänge, Verwerfungen, seien es Schichtungsgrenzen von Formationen sehr verschiedener Beschaffenheit u. Abstammung."

„Zuweilen geschieht es, dass der Lauf des W. durch eine oder mehrere Ausbreitungen unterbrochen ist. Dieser Fall kommt dann vor, wenn das W., um an Tag zu gelangen, Schichten durchlaufen muss, deren Lagen entweder ziemlich horizontal oder schiffförmig gestaltet sind. Es findet sich dies häufig in den Becken des Allier u. des Sichon, in den Umgebungen von Vichy. Hier sind die Eruptivgesteine, die der Lagerung nach sich auf die Thermen beziehen, bedeckt von einer Reihe von Tertiärschichten, von denen einige durchgängig sind u. Wasser-Becken entstehen lassen. Das Vorkommen der so liegenden Thermalwasser-Ansammlungen ist übrigens sehr selten. Man führt das Dasein theilweiser, weniger umfangreicher Ansammlungen zu Bagnères de Bigorre u. Dax an."

„Häufiger ist das Hervorkommen des W. durch Gänge. Die Gruppe der Quellen von La Malou kommt grossentheils aus Quarzgängen mit Schwefelmetallen, die sich öffnen in den Glimmerschiefern am Fuss der Granitmasse des Berges Carrouche (West-Cevennen). Man citirt auch die wasserführenden Erzgänge von Canavailles u. Olette (Ost-Pyrenäen), von Mahoura (Cauterets), die der Pré-Quellgruppe zu Luchon u. der Qu. von Plombières; die letztgenannten wurden neulich frei gelegt (Galérie des Savonneuses)."

„Einige Thermen treten in der Ebene zu Tage; wie der Theil des Bassins von Vichy, welcher im Allier-Thale liegt, wie einige Qu. der Limagne d'Auvergne, die W. von Pougues, bei Nevers, die von Préchac, von Dax (Landes), von Barbotan u. von Castéra (Gers). Bringt man die Natur dieser W. u. die Constitution der umliegenden Terrains in Vergleich mit den Verhältnissen, welche bei den nächsten Thermalgruppen im Allgemeinen beobachtet werden, so erkennt man alsbald, dass sie in Verbindung stehen mit dem Unterteufen krystallinischer u. verschiedener eruptiver Gesteine unter den Fuss des Gebirges u. dass man hier denselben eben besprochenen Fall vor sich hat, wo die Abhänge des Gebirgsstockes von sedimentären Formationen bedeckt sind."

„So lässt sich für Dax, Préchac u. Barbotan die Nähe der Ophite constatiren u. ist im Becken von Vichy das rechte Ufer des Allier, von massivem Granit u. von rothen quarzführenden Porphyren (quartzifères du Forez) gebildet; zudem verlieren sich noch basaltische Erhebungen bis in die Umgebung von Cusset.

Endlich haben die Qu. von Vichy (besonders die Lukasqu.) von selbst Fragmente von Basalt u. von einem Mischmasche rothen Porphyrs an den Tag geführt." *)

Cf. Rogers Connect. of thermal springs with anticlinal axes and faults; Ebray Sur la coincidence des sources min. de la Nièvre avec les failles (in Bull. de la soc. géol. de France. 2. Sér. VI, 1860, 124). Brongniarts Mineral. I, 95 (über Thermen im Erzgebirge). Bakewell Sourc. therm. des Alpes (in Phil. Mag., Lond. 1830).

§. 50. Grade Quellenzüge und Quellenlinien.

So natürlich die grade Linie als nächster Ausdruck einer mechanischen Kraftäusserung erscheint, so wenig scheint sie denn doch in den tellurischen Gestaltungen (mit Ausschluss der Oberflächen der sedimentären Lagen u. der Spaltungsfähigkeit der Gesteine nach gewissen Richtungen u. der Krystallisationslinien) ihr Recht zu behaupten. Sind doch die Rücken u. die Umrisse der Gebirge u. die davon abhängigen Formen der vom Meere frei gelassenen Oberfläche der Continente überall mehr oder weniger krumm u. erscheinen die einander durchsetzenden Gesteine auf den ersten Blick mehr als ein regelloses Durcheinander denn wie ein nach dem Richtscheit entworfenes System. Dessen ungeachtet zeigt die Gestaltung der so mannigfachen Störungen von unten nach oben preisgegebenen Erdrinde immerhin das Wirken von Kräften, die in die Horizontale nach graden Linien verliefen. Wo grossartige Zerstörungen der Erdrinde, wie in den vulkanischen Ausbrüchen, stattfanden, bilden häufig ihre offenkundig gewordenen Manifestationen grobe Punkte gewisser ideellen Linien von mehr oder weniger Erstreckung in die Breite. Am auffallendsten ist die Reihung der Vulkane dort, wo diese in Lage u. Ausdehnung von Spalten abhängt, welche meist untereinander parallel, grosse Landesstrecken linear durchsetzen.

So erstrecken sich die Reihen-Vulkane von Centralamerika zwischen 10°9′ u. 16°2′ in einer Linie, im Ganzen von SO nach NW gerichtet, u. mit wenigen Krümmungen, die sie erleidet, eine Länge von 135 geogr. Meilen einnehmend. v. Humboldt bespricht (Kosmos IV, 306 u. 307) die reihenförmige Anordnung dieser u. anderer Vulkane Amerikas. Die meisten isländischen Vulkane u. die zahlreich sie begleitenden Eruptionskegel sind in der Richtung SSW—NNO geordnet. Die Lavaströme erzeugenden Ausbrüche der hohen Eifel liegen auf einer Spalte, fast 7 Meilen lang, von Bertrich bis zum Goldberg bei Ormond, von SO nach NW gerichtet; dagegen folgen die Maare (Krater-Teiche) einer Richtungslinie von SW nach NO. Die beiden angegebenen Hauptrichtungen schneiden sich in den 3 Maaren von Daun.

---

*) Oben, wo von der Beziehung der Thermen zu den Vulkanen Rede war, mangelt die Bemerkung, dass viele Thermen von vulkanischen Eruptionen unabhängig sind u. dass es zum Hervorkommen von Thermal-Wasser nur tiefer, passend verbundener Spalten durch die Erdschichten oder Lücken zwischen denselben bedarf. Viele Thermen brechen fern von Vulkanen aus. Dies ist z. B. der Fall mit den stark fliessenden, 60—95° warmen Qu. von Hammam Meskoutin zwischen Bona u. Constantine. Ebenso verhalten sich die Thermen, welche in Nordamerika im Gebiete der appalachischen Gebirgskette bekannt sind. Ja, nach Humboldt zeigen sich gerade die heissesten unter den permanenten Qu. fern von allen Vulkanen; wofür er die Aguas calientes de las Trincheras in Südamerika, zwischen Porto-Cabello u. Nueva-Valencia u. die Aguas de Comangillas bei Guanaxuato anführt, von denen jene nach Boussingault jetzt 97°, diese nach seinen eigenen Beobachtungen 96°4 Wärme besitzen.

Wie die erratischen Blöcke bisweilen in langgestreckten Zügen, die einen gewissen Parallelismus u. die Richtung von NO oder N nach SW oder S behaupten, gelagert sind, erstrecken die Gebirgsrücken sich oft in gradliniger Richtung *) u. liegen die über die Meeresfläche hervorsehenden Höhen (Inseln) nicht selten linienförmig geordnet.

So liegen auch die Granite öfters in reihenförmiger Anordnung längs einer u. derselben Linie hintereinander. (Naumann Geogn. II, 218.)

Mit dieser linearen Einrichtung der Eruptiv-Massen ist auch nicht selten eine gleiche Eigenthümlichkeit der Gebirgsspalten gegeben, welche sich in Form von Metall-Adern, gasigen u. dampfförmigen Emanationen, u. Ausbrüchen warmer oder kalter Wässer darstellen. **)

Werner erkannte, dass in einem bestimmten Reviere des sächsischen Bergbaus alle Erzgänge, welche eine gleiche Zusammensetzung haben, auch in paralleler Richtung streichen. — Die mit Thermen u. Salzqu. versehene Insel Milos hat eine Reihe von Solfataren, die mit einer Ausnahme, alle in einer von NW nach SO sich erstreckenden Linie liegen.

„Die Salsen u. Naphthabrunnen stehen theils vereinzelt in engen Gruppen, wie die Macalubi in Sicilien bei Girgenti, deren schon Solinus erwähnt, oder die bei Pietra mala, Barigazzo u. am Monte Zibio unfern Sassuolo im nördlichen Italien, oder die bei Turbaco in Südamerika; theils erscheinen sie, u. dies sind die lehrreicheren u. wichtigeren, wie in schmalen Zügen an einander gereiht. Längst kannte man als äusserste Glieder des Caucasus, in NW die Schlamm-Vulkane von Taman, in SO der grossen Bergkette die Naphtha-Qu. u. Naphtha-Feuer von Baku u. der caspischen Halbinsel Apscheron. Nach Abich sind die Schlamm-Vulkane u. Naphtha-Feuer des Caucasus auf eine bestimmt zu erkennende Weise an gewisse Linien geknüpft, welche mit den Erhebungs-Axen u. Dislocations-Richtungen der Gesteinschichten in unverkennbarem Verkehr stehen. Den grössten Raum, von fast 240 Quadratmeilen, füllen die, in genetischem Zusammenhang stehenden Schlamm-Vulkane, Naphtha-Emanationen u. Salzbrunnen im südöstlichen Theile des Caucasus aus; in einem gleichschenkligen Dreieck, dessen Basis das Littoral des caspischen Meeres bei Balachini (nördlich von Baku), u. eine der Mündungen des Kur (Araxes) nahe bei den heissen Quellen von Sallian ist. Die Spitze eines solchen Dreiecks liegt bei dem Schagdagh im Hochthale von Kinalughi. Dort brechen an der Grenze einer Dolomit- u. Schiefer-Formation in 7834' Höhe über dem caspischen Meere, unfern des Dorfes Kinalughi selbst, die ewigen Feuer des Schagdagh aus, welche niemals durch meteorologische Ereignisse erstickt worden sind. Die mittlere Axe dieses Dreiecks entspricht derjenigen Richtung, welche die in Schamacha an dem Ufer des Pyrsagat so oft erlittenen Erdbeben constant zu befolgen scheinen. Wenn man die eben bezeichnete nordwestliche Richtung weiter verfolgt, so trifft sie die heissen Schwefelquellen von Akti u. wird dann die Streichungslinie des Hauptkammes des Caucasus, wo er zum

*) Man hat vielfache Versuche gemacht. Regeln in den Richtungen der Gebirgsketten zu entdecken u. geglaubt, sie seien nach den Meridianen oder Parallelkreisen gerichtet, oder, wie v. Humboldt meinte, die Gebirgsketten liefen nach parallelen Linien von NO nach SW mit der Erdaxe einen Winkel von 45—52° bildend, oder neben dieser Richtung bestehe auch die von W nach O oder von NW nach SO, oder sie seien gewissermassen die Kanten bestimmter in die Erdkugel hineingelegter Krystallformen. (S. Naumann Geognosie I, 1857.) Hopkins stellte theoretische Untersuchungen über die Wirkungsart der plutonischen Kräfte gegen die Erdkruste an u. gelangte so zu dem Resultate, dass gewöhnlich zwei sich rechtwinklig kreuzende Systeme von parallelen Spalten entstehen müssen; ein Resultat, welches auch Rozet bestätigt.

**) Schon Guettard (Ac. de scienc. 1746) fand auf einer von ihm entworfenen Karte eine gewisse Regelmässigkeit der Vertheilung der Thermen.

Kasbegk aufsteigt u. das westliche Daghestan begrenzt. Die Salsen der niederen Gegend, oft regelmässig an einander gereiht, werden allmälig häufiger gegen das caspische Littoral hin zwischen Sallian, der Mündung des Pyrsagat u. der Halbinsel Apscheron. Sie zeigen Spuren früherer wiederholter Schlamm-Eruptionen u. tragen auf ihrem Gipfel kleine, den hornitos von Jorullo in Mexiko der Gestalt nach völlig ähnliche Kegel, aus denen entzündliches u. oft auch von selbst entzündliches Gas ausströmt." (v. Humboldt, Kosm. IV.) Vgl. Hydro-Chemie (S. 479, 480) über das Hervorkommen der Oelquellen in Spaltungsthälern u. überhaupt an Stellen, wo die Schichten gestört sind.

Die heissen Dampfströme in der toscanischen Maremma entquellen nach Roderich Murchinson Spalten, welche genau mit den Reihen emporgehobener Serpentin- u. verwandter plutonischer Gesteine zusammenfallen, ganz besonders an denjenigen Punkten, wo derartige Gesteine die albaresische u. Macigno- oder Kreide- u. die ältere Eocene-Formationen auf Linien durchbrochen haben, welche sich von N u. gegen W nach S u. gegen O drehen. Eine dieser Linien wurde gewählt, um nachzuweisen, dass an ihrem NNW-Ende, wo Serpentin u. Gabbro die albaresische Formation durchbricht, die heissen Qu. von St. Michele vorkommen; dass weiter gegen S dieselbe Verbindung von Felsarten am Monte Cerboli von heissen Qu. begleitet ist, welche, ausser verschiedenen Gasen u. Salzen, Boraxsäure enthalten; u. dass noch weiter nach S u. gegen O heisse Qu. bei Bagni a Morba u. heisse Dämpfe in einer Spalte in den Felsen von Castel nuovo, wie am Monte Cerboli, vorkommen. Roderich zeigte sodann, dass die andern Boraxsäuredämpfe dieses Landstrichs (welcher ungefähr 8 oder 9 Meilen lang u. 5 breit ist), in parallelen Felsenrissen vorkommen, welche denen des obigen Typus gleich sind. Der Gabbro rosso ist nach ihm ein echt eruptives Gestein. Roderich deutete auch darauf hin, dass die Verwüstungen des Erdbebens von 1847 mit den von NNW nach SSO streichenden Ausbruchslinien der Boraxsäuredämpfe zusammenfallen. (Geogr. Jahrb. von Berghaus 1852, aus Athenäum 1850.) *)

Mitten im rothen Sandsteingebiete von Arkansas u. Louisiana treten zahlreiche Thermen mit hoher Temperatur empor. Sie scheinen mit den verschiedenen an der Westseite des grossen Rio bravo del Norte u. in der mexikanischen Provinz Chihuahua bekannt gewordenen Ojo-caliente-Thermen einen ununterbrochenen Zug zu bilden.

In der ca. 31 Kilom. langen Linie, in der sich der Serpentin in Ava von Mogaung in der Richtung von N 55° westlich u. von Meingkhwon im N 25° westlich zieht, finden sich in der Nähe des Engdau-gyi-Sees mehrere heisse u. salzige Quellen. (Hannay in Bergh. Ann. VI, 1838.)

*) Das Aktions-Centrum der Erdstösse, welche meist vertikal gehen, fällt häufig zusammen mit den Hauptgruppen oder den Zuglinien der jüngsten, mit den Wässern gleichzeitigen Gesteine (lignes d'affleurement des roches congénéres les plus récentes des eaux minérales). Diese Thatsache wurde nicht blos bei aktiven Vulkanen, sondern auch in den erloschenen Vulkanketten bemerkt, sogar auch in den Gebirgen, wo die krystallinischen u. plutonischen Gesteins-Eruptionen entwickelt sind. So haben in den Ossau-Thälern der niedern Pyrenäen die Umgebungen von Bayonne, die Gruppe von Gazost u. Bagnères, wo der Ophite in der Nähe der krystallinischen u. plutonischen Felsen, welche gleichzeitig mit den Schwefelthermen sind, steht, den grössten Einfluss von den Erdbeben von 1750—1854 erfahren. (Dict. des eaux.)

Die Quellenspalten lassen sich auch in **Island** nach bestimmten Richtungen verfolgen. (Sartorius v. Waltershausen.) »Ein sorgfältiges Studium der Verhältnisse, unter denen die zahllosen Thermen u. Fumarolensysteme in Island auftreten, lassen dem aufmerksamen Beobachter keinen Zweifel, dass zwischen ihnen u. den thätigen Vulkanen der Insel ein inniger Zusammenhang obwaltet. Wie die letztern als ein die Insel in parallelen Longitudinalsystemen durchziehendes Band aus Spaltenlinien hervortreten, deren nördlichste gen Nord sich ausdehnende Hauptrichtung zugleich in der gleichlaufenden Erstreckung der vorzüglichsten Thäler u. Höhenzüge in den Hauptgangsystemen u. den vielen vulkanischen Spalten u. Klüften sich unverkennbar ausspricht; ebenso erscheinen auch fast sämmtliche Fumarolen u. Thermenzüge an diese Hauptrichtung gebunden. Sie zeigen sich, derselben folgend, sogar unabhängig von dem Laufe der Thäler u. Höhen, aus welchen sie hervorbrechen u. man kann sie nicht selten, wie bei Krisuvik oder in den Umgebungen des Krafla u. Leirnukr in transversal über Berg u. Thal sich erstreckenden Linien verfolgen.« (Bunsen.)

Bouros bemerkte, dass die Thermen von Patraziki, der Thermopylen u. von Oedepse eine Linie von O nach W bilden.

Keferstein (Deutschl. II. 1, 1822) behauptete, dass alle Thermen des nördlichen Deutschlands in einer Linie von O nach W lägen. Zieht man nämlich eine grade Linie von Bertrich nach Landeck, so läuft diese vollkommen von O nach W u. die Bäder von Karlsbad, Wiesbaden, Schlangenbad, Weilbach u. Kissingen fallen unmittelbar auf dieselbe; wenig nördlich nur liegen Teplitz u. Annaberg, mehr nördlich Aachen, Warmbrunn bei Hirschberg u. Warmbrunn bei Liegnitz. Denken wir uns die Gegend als einen Gürtel, so wird dieser etwa eine Breite von 6 Meilen mit einer Länge von 60 Meilen haben. Mit diesem Gürtel trifft nun genau die nördliche Basaltparallele von Deutschland zusammen, in welche die Basalte der Eifel, des Siebengebirges, des Westerwaldes, der Rhön, des Habichtwaldes, die von Sachsen, Böhmen u. Schlesien fallen. Parallel mit dieser Thermenlinie sind die heissen Qu. der Alpenkette, in deren Nähe sich kein Basalt findet.

»Alle Thermen kommen auf gewissen einander parallelen Linien vor; in den Ostalpen sind diese nach Boué vorzüglich in der Nähe von Flötzdolomiten oder mehr oder weniger talkhaltigen Gesteinen.« (v. Alberti.)

»Ein Blick auf die Karte zeigt« sagt Stifft mit Rücksicht auf Nassau »dass, wenn auch die Seitenverzweigungen eines Quellenzuges, wie sie in den Querthälern sich finden, eine die Gesteins-Streichungslinie mehr u. weniger schneidende Richtung haben, doch die einzelnen, dieselben zusammensetzenden Gruppen im Ganzen, in der dieser Streichungslinie folgenden Direction sich aneinanderreihen. Dieser Umstand scheint mir nicht wenig bemerkenswerth, indem hiernach die Hauptrichtung der Züge mit der des allgemeinen Gebirgsrückens zusammenfällt u. es dadurch wahrscheinlich wird, dass dieselbe Ursache, welche die Hebung des Gebirgsrückens bewirkte, auch die Hauptrichtung der Züge von Mineralquellen bedingte.«

»Zugleich zeigt sich hierin eine andere Uebereinstimmung mit der Hauptgruppe der vulkanischen Gebilde des Herzogthums; denn der hohe

Westerwald, d. h. der grosse vulkanische Gebirgsknoten, folgt in seiner Hauptlängenerstreckung auch der allgemeinen Streichungslinie aus Nordosten in Südwesten; die einzelnen Verzweigungen von isolirten Kegeln, in denen er sich endigt, reihen sich als einzelne, vom Hauptknoten auslaufende Strahlen ebenfalls alle in einer, die Streichungslinie mehr u. weniger schneidenden Richtung an einander an, gerade so, wie dies mit den Hauptzügen u. den einzelnen Verzweigungen der Mineralquellen der Fall ist.«

Der Taunus bildet vom Rhein ausgehend einen von W nach O, etwas nordwärts gerichteten Zug, der aber von Kronenberg an noch mehr nach N biegt. Der oberhalb Bingen liegende Rheintheil folgt derselben Richtung, fast dieselbe Richtung, welche oberhalb Bingen der Main verfolgt. Der Taunusquarzit zieht sich wie ein unregelmässig gelegtes Band von O nach W. Er bildet die grössten Höhen des Taunus. Tiefer liegt der Taunusschiefer, an den nach Süden namentlich von Wiesbaden u. Soden aus die Tertiärgebilde bis zum Main hin sich gelagert haben. Eine Bodenspaltung, welche sich durch Unregelmässigkeiten der Lagen offenbart, geht von Asmannshausen (wo eine Salzqu. ist) durch die Quarzit- u. die Schieferzone an der Salzqu. bei Kiedrich vorbei, Wiesbaden streifend auf Neuenhain zu, bis dahin in geringen Bogen fast gradlinig verlaufend, biegt dann aber der Gebirgsrichtung entsprechend, nach Homburg u. Nauheim hin, u. tritt hier wieder in den Quarzit ein. An mehreren Stellen tritt diese Spaltung nahe an Basalt-Eruptionen hinan, namentlich bei Neuenhain, Homburg, Nauheim. Die Basalte liegen auch nordostwärts von Wiesbaden. (Vgl. eine geolog. Karte in Braun Monogr. de Wiesbaden). Aber nicht blos in dieser Richtung hin scheint der Boden grosse Spaltungen erlitten zu haben. Sehr mächtige Quarzgänge setzen meistens parallel in südnördlicher (?) Richtung durch die Taunusschichten durch, so im Nerothale, bei Königsstein u. Homburg. Ein solcher von NW nach SO laufender Quarzgang geht geradezu auf Wiesbaden los. Ob nicht auch eine gradlinige Spalte die 3 Thermen Schlangenbad, Wiesbaden u. Weilbach verbindet? Eine solche Linie, deren Mitte ungefähr durch Wiesbaden bezeichnet wird, schneidet die Richtung des Taunus. Ihr parallel läuft aber die fast grade Linie, auf welcher die wasserreichsten u. wärmsten Quellen Wiesbadens hervorbrechen, die vom Kochbrunnen an der Adlerqu. vorbei auf die Schützenhofqu. (bis dahin 1400′ lang) u. in weiterer Entfernung auf den fast kalten Faulbrunnen hinweiset. Die 3 Hauptthermen Wiesbadens liegen dem Heidenberge zunächst. Weiter ab brechen durch den Alluvialboden noch einige 20 Thermen zerstreut hervor u. jenseits des Thermalbezirkes kommt noch eine grössere Zahl lauer Salzquellen heraus, ohne dass eine Süsswasserquelle in der Stadt zum Vorschein käme.

Thomä (Med. Jahrb. des Herzogth. Nassau 2. H. 1843) sagt über die Quellen von Wiesbaden: »Der Boden in der nächsten Umgebung unserer Quellen besteht nur in Talkschiefer, als älteres geschichtetes Gebirg. Diese Felsart wird von mächtigen Quarzgängen u. Stöcken eines Quarzgesteins durchsetzt, welches einen besondern u. hauptsächlichen Theil des Taunusrückens bildet. Dieser Haupt-Quarzzug des Taunus fällt, indem er dessen Richtung von NO nach SW begleitet, mit einem mächtigen parallelen

Quarzgang auf der südlichen Abdachung des Gebirgs in die Streichungslinie des unsern Quellen benachbarten Talkschiefers, u. die Hauptstreichungslinie des Talkschiefers correspondirt genau mit der Hauptwasserlinie der Wiesbadener Quellen. — Die Talkschieferbrüche, welche auf der südlichen Abdachung des Taunus ganz in der Nähe der heissen Quellen die Vorhügel dieses Gebirges öffnen, zeigen eine übereinstimmende Schichtenstellung. Die Schichten der Steinbrüche im Nerothale z. B. schiessen unter einem Winkel von 60° nördlich ein, streichen von NO nach SW, u. werden in westnordwestlicher Richtung von zahlreichen Klüften durchsetzt. Es lässt sich also annehmen, dass die wasserführende Hauptspalte eine Schichtungskluft sei, auf welche erweiterte Querklüfte die einzelnen Quellenausflüsse bedingen. — Die wenigen Basaltmassen, welche in hiesiger Gegend zu Tage stehen, bilden hinsichtlich ihrer Lage fast eine Linie, eine Richtung, welche eine Spalte anzudeuten scheint, längs welcher sie hervorgetreten sind. . . . Eine Verlängerung der gedachten Spalten dieser Basaltbildung tritt gerade hierher, u. scheint die Annahme zu rechtfertigen, dass ihr die Entstehung der heissen Quellen dahier zu verdanken sei. — Die Hauptwasserlinie fällt grossentheils in die Schichtenköpfe eines Molassehügels, der sich im NW der Stadt (nördlich von dieser Linie) bis zu einer Höhe von 50 bis 60 Fuss erhebt. . . Die Streichungslinie der Molasseschichten fällt von NO nach SW, correspondirt also mit den Talkschieferschichten im benachbarten Nerothale.«

Grade Quelllinien können im Taunusgebiete in verschiedenen Richtungen gezogen werden, z. B. über

Montabaur, (Fachingen,) O.Selters, K.Karben —
Montabaur, Fachingen, Homburg —
Montabaur, Geilnau, Soden, (Nidda) —
Ehrenbreitstein, (Geilnau,) N.Selters, (Nauheim,) Schwalheim —
Ehrenbreitstein, (Geilnau,) Mitte zwischen den beiden Selters, Oberrossbach —
Ehrenbreitstein, Stein. (Oberrad?) —
Ehrenbreitstein, Ems, Diedenbergen —
Ehrenbreitstein, O.Lahnstein, Braubach —
O.Lahnstein, Ems, Geilnau, Fachingen —
O.Lahnstein, Stein, O.Selters, Wisselsheim —
(O.Lahnstein), Marienfels, Greberode. Schwalbach, Weilbach —
Stein, Schwalbach, Wiesbaden —
Stein, Marienfels, Nasstädten —
Nasstädten, Bug, Greberode —
Stein, Greberode, Schlangenbad, Ellfeld —
Nasstädten, Schwalbach, (Epstein,) zwischen Nidda u. Sachsenhausen —
Schlangenbad, Wiesbaden. Weilbach —
Schlangenbad, Epstein, (Soden, Wilhelmsbad) —
Schwalbach, Kronenberg, Vilbel —
(3 Parallellinien:) Nauheim, Wisselsheim — Kronenberg, Homburg, O.Rossbach, (Nauheim,) Schwalheim — Diedenbergen, Soden, Fauerbach, alle dem Laufe des Taunus parallel; auch ziemlich parallel mit
Nidda, G.Karben, an Nauheim (Münzenheim?) etc. vorbei nach Staden. —
[Kreuznach,] Wiesbaden, Homburg, Staden —
O.Rossbach, K.Karben. Wilhelmsbad —
Schwalheim, Fauerbach, (Karben,) Vilbel, Fechenheim, Sachsenhausen —
Diedenbergen, Nidda, Grünborn, Sachsenhausen.

Viele Qu. in den österreichischen Alpen u. in Ungarn bilden nach Haidingers Bemerkung auf der Karte gewisse Linien, die manchmal parallel

laufen u. oft längs den Gebirgszügen in der Ebene oder im Grunde von Gebirgsthälern, kleinen Gebirgsbecken oder steilen Schluchten zum Vorschein kommen.

»Die kalten Qu. von St. Vallier, Heucheloup, Vittel, d'Outrancourt, Contrexeville, Martigny u. einige andere von geringerer Bedeutung liegen alle auf Muschelkalk, Kalkformation u. ganz nahe an der Grenze der Thonformation des Keupers, welcher sie bedeckt. Diese ganz identische Lagerung auf einer wellenförmigen Linie von mehr als 50 Kilometer Länge zeigt deutlich die Aehnlichkeit des Ursprungs dieser gypshaltigen Quellen an; ihre übrigen Verhältnisse stimmen mit dieser Identität der Lagerung ganz überein, weshalb es keinem Zweifel unterliegt, dass diese Qu. aus einer sehr oberflächlichen Auslaugung der nahen Schichten hervorgehen.«

Besonders erscheinen die Soolquellen, deren Salzgehalt von einer compakten Kochsalzablagerung oder von einer salzführenden Sedimentärschicht abgeleitet wird, an der Oberfläche der Erde als Punkte, die in Form von Linien oder Bändern sich miteinander verbinden lassen. *)

Fournel hat 3 salzhaltige Zonen in Nordafrika nachgewiesen, welche parallel dem Streichen der Hauptalpenkette laufen.

»Die Steinsalzniederlagen u. Salzqu. folgen einander über die östliche Cordillere von Neu-Granada hin, von Pincecina bis zu den Llanos des Meta (durch Zipaquire, Enemocon, Tausa, Sesquiles, Gachita, Medina, Chita, Chamesa u. El Receptor) aus SW in NO, indem sie auf eine Weite von mehr als 22 Myriam. dasselbe Streichen wahrnehmen lassen.«

»Wenn man« sagt A. v. Humboldt »die Steinsalzniederlagen u. Salzqu. auf der Hochebene von Bogota, in der Provinz Muzo u. am östlichen Abhange gegen die Llanos von Casanare hin, in einem Blicke geographisch zusammenfasst, so zeigen sich gewaltige Spalten, die in einer eigenen aber breiten Zone von W nach O die ganze mächtige Andeskette durchziehen u. in sehr verschiedenen Höhen Steinsalz, gypshaltigen Salzthon u. Jod führende Qu. an die Oberfläche gebracht haben.«

In der Nähe von Dudley enthalten die Kohlengruben Soolquellen. Es liegt nördlich 40 engl. Ml. von Cheltenham. Die grade Linie zwischen beiden Orten bezeichnet zugleich die Richtung, in welcher von S nach N sehr viele Soolqu. zu Tage kommen. Die bekanntesten Punkte, wo solche hervortreten, sind von S nach N: Tewkesbury, Walton, Defford, Red Marly, Upton, Hampton bei Evesham, Stoulton, Stonebow, Pinvin, Churchvill, Aberton, Droitwich u. Stoke-Prior.

»Man kann die vielen norddeutschen Salinen reihenweis zusammenstellen. I von W nach O folgen sich Linden bei Hannover, Salzdahlum, Schöningen, andere bis Elmen. II Sooldorf u. Masch bei Rodenberg, Münder, Eldagsen, Heyersen, Salzliebenhall u. in der Verlängerung dieser Richtung die vielen Soolqu. im Halberstädtischen bis nach Stassfurth. III Neusalzwerk, Hasperde, Salzhemmendorf, Salzdetfurt u. in der Verlängerung dieser Richtung die Salinen Juliushall bei Neustadt am Nordabfall des Harzes. IV Salzuffeln, Pyrmont, Rühden,

*) Ueber Soolquellenlinien s. Karsten I, 541, 544.

wozu allenfalls Salzderhelden u. Sülbeck zu rechnen wären. Diese Richtungen sind fast genau in der Erhebungsrichtung des Harzes von NW nach SO.«

Nach Becks ordnen sich die Salzqu. des Münsterlandes in 2 Linien, wovon die eine im Osnabrück'schen u. über Rheine laufend, dem teutoburger Walde parallel geht, die andere über Salzkotten, Westernkotten, Sassendorf, Werl u. Königsborn laufend, den nördlichen Fuss der Haar begleitet.

»Die Nord- u. Ostkarpathen« sagt v. Alberti (Halurg. Geol. I, 1852) »sind dem Hauptstreichen der Karpathen parallel von Steinsalz oder Gyps begleitet. Mit dem Karpathensandsteine in Verbindung beginnt eine dieser Parallelen südlich von Krakau mit den Gypsen von Podgorze u. dem Gypse u. Steinsalze von Wieliczka u. Bochnia. Von hier findet eine Unterbrechung statt; die Steinsalzformation tritt erst wieder bei Drobomil, Lacko, Starasol auf; von da verbreitet sich ein langer Zug von Salzquellen von Drohobicz u. Petranka aus. Hier treten die Kreidegypse zwischen Stanistawow u. Olynia in die Reihe, u. erst, wo diese aufhören, treten wieder Salzqu. bei Solotvina u. Maniawa aus. Mit einem mehr von N nach S gehenden Streichen kommen nun die Gypse von Perzynizyn zwischen Uterop u. Kuty, u. das Steinsalz von Kossow, u. nach langer Unterbrechung, nur hier u. da durch Salzquellen angedeutet, das Steinsalz von Kaczyka etc.... Hoch in den Beskiden, 2 Kilom. von Sebastian Kretscham u. hoch im Gebirge bei Preluki entspringen Salzquellen, welche letztere viel Chlorgas ausstossen (? L.), doch die meisten entquellen am Fusse der Karpathen in Ostgalizien dem Steinsalzzuge von Lacko u. Dobromil bis Uterop u. Kossow, von wo sie sich in der Bukowina u. Moldau bis Kaczyka, Okna, Grozest u. den Pass Oglos verbreiten. Diese Qu. enthalten immer etwas Gyps, schwefels. Natron, häufig Schwefelwasserstoffgas, etwas Erdöl u. Jod (Truskawiec u. Solotvina). — Den Salzqu. folgen Schwefelquellen, welche reich an Schwefelwasserstoff sind, zugleich aber auch kohlens. u. salzsaure Salze u. freie Kohlens. enthalten. Starke Schwefelqu. entspringen bei Swoszowice, bei Skotniki, bei Bochnia aus dem Salzgebirge, bei Truskawiec aus den schwefelführenden Mergelflötzen, bei Dobromil, Zabiokruki, nächst Kolomea aus Gyps u. an noch vielen Orten im Salinenzuge in der Bukowina u. der Moldau. — Eine Menge Erdölquellen begleiten das Steinsalzgebirge. Das Erdöl wird theils in Gruben aufgefangen, theils ergiesst es sich auf Quellwassern schwimmend aus dem Gebirge. Es hat eine dunkelbraune bis schwarze oder bouteillengrüne Farbe. In Galizien finden sich Erdölquellen bei Weglowka unweit Krasno, zu Tyrawasolna, bei Sanok, zu Kraszenina, Starasol, Kalowopienic u. Uberec im Sanok'er Kreise, zu Nahujowice, Popiel, Boryslaw, Truskawiec bei Stry, Starunia bei Stanislaw, zu Sloboda, Kosmacz u. Jablonow bei Kolomea, ferner in der Moldau zu Bochuraschany unweit Baja, im Moinesz'er Grunde, östlich vom Passe Oytosch bei Herschau u. zwischen Okna u. Taraony. Mit dem Erdöl quillt auch häufig Kohlenwasserstoff mit dumpfem Getöse hervor, namentlich bei Truskawiec.« ...

Eine andere Steinsalzparallele liegt der erstgenannten südlich. Sie beginnt im W zuerst bei Sovar..... Eine Menge Salzqu. ergiessen sich

aus dem Steinsalze der Marmarosch; Fichtel (Gesch. des Steinsalzes) zählt 120 Qu., die das Steinsalz von Siebenbürgen begleiten; sie halten 10—18 Prozent Salz. In Verbindung mit dem Steinsalze ist das brennbare Gas in der Szlatina'er Steinsalzgrube, ebenso wie mit Salz- u. M.Quellen die Ausströmungen brennbaren Gases bei Klein Saros u. Felso Bayom verbunden sind.

Eine dritte Parallele bildet nördlich der Linie von Wieliczka ein Gypszug. Steinsalz fehlt hier u. ein Salzgehalt dieses Gypses ist nicht nachgewiesen, dagegen begleiten ihn, namentlich in der Niederung der Nidda von Busko bis zur Weichsel, schwache 1—2 Procent haltige Salzquellen. Sie bilden in dieser zwei parallele Züge, welche von WNW nach OSO, parallel dem Hauptstreichen der Gebirgsschichten liegen. Ausser Kochsalz enthalten sie freien Schwefelwasserstoff, Gyps u. schwefels. Magnesia. In einiger Beziehung zu dem Gyps u. seinem Schwefel sind die salzigen Schwefel-Qu. bei Korond, welche kein Kochsalz, dagegen Schwefelwasserstoff in grösserer Menge enthalten. Die Zahl derselben im Gefolge des Gypses ist sehr gross. Die ausgezeichnetesten derselben sind bei Pinczow u. Czarkow in der Nähe des gediegenen Schwefels; andere finden sich in Ostgalizien u. der Moldau, wo wieder dieselbe Gypsbildung auftritt, endlich in der Gegend südl. von Lemberg gegen den Dniester hin. Sie sind so reich an Schwefel, dass sie diesen in die benachbarten Erdschichten absetzen.

§. 51. Durch Dampf explodirende Thermen.

Permirum naturae opus exilire fontes,
cum omnis aqua deorsum feratur.
Plin. II, 103.

Bei vielen heissen Wässern kommen oberflächliche Explosionen vor, deren Ursache die Spannkraft des W.-Dampfes ist; in den obersten Schichten des Wassers wird nämlich Dampf erzeugt, zu dessen Bildung in den tiefern, mit einem grössern W.-Druck belasteten Schichten der Wärmegrad nicht ausreichte; der Dampf drängt bei seinem Entstehen das W. fort u. äussert, unterstützt von seinem geringen spezifischen Gewichte, seine Bewegungskraft besonders auf die über ihm liegende W.-Schicht. Weil die Wärme, wodurch der Dampf gebildet wird, eben durch den Uebergang des W. in die elastische Form abnimmt, erstreckt sich die Bildung des Dampfes immer nur auf eine gewisse Strecke, u. der Dampf tritt demnach nur auf einem beschränkten Raume, in Form einer Blase oder als mehrere Blasen auf, deren Bildung sich so lange erneue.t, als die zuströmende Wärme dazu ausreicht. An vielen Qu. ist der Wärmezufluss von unten so stark, dass das Sieden des W. nie aufhört u. nur etwas mehr oder weniger stark ist, je nachdem eine leichtere oder schwerere Luftsäule auf dem W. lastet. Besonders in gewissen Gegenden, wo die Erdwärme der Oberfläche aussergewöhnlich nahe zu sein scheint, sind Quellen, die explosionsweise ihr W. ausgiessen, periodisch aufsprudeln u. dann einige Zeit nachlassen. Wo derartige, durch Dampf explodirende Thermen sind, pflegen sie auf einem kleineren oder grösseren Raume in grosser Anzahl vorzukommen.

Bekanntlich ist **Island** wegen seiner durch Dampf explodirenden Thermen berühmt. *)

Das Innere dieser, zwischen 1400 u. 2700 Qu.Ml. grossen, zwischen Europa u. Amerika (unter 63—66° N.Br.) gelegenen Insel ist eine unwirthbare, waldlose Wüste, wo Feuer u. Eis um die Herrschaft kämpfen.**) Während die Vulkane (Hekla, Krabla u. andere) in fortwährender Thätigkeit sind, u. sie an vielen Stellen Dämpfe

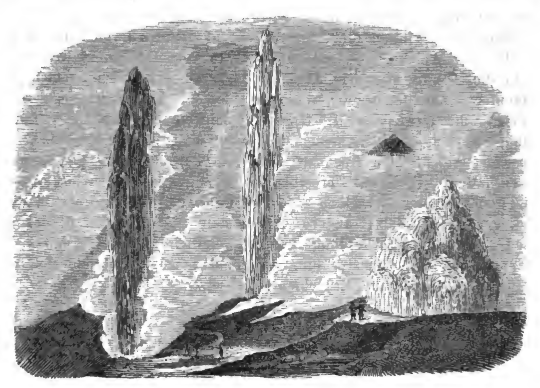


Fig. 9. Isländische Springquellen.

u. Gase, öfters mit grosser Gewalt, oder auch trockene Wärme hervorströmen, namentlich Schwefel u. schwefelige Säure sublimiren, decken unabsehbare Schwefelfelder die Kuppen der Gebirge, von denen sich gewaltige, meilenbreite Gletscher hinabsenken. „Die fast den zehnten Theil der Insel bedeckenden Eisberge sind es, welche die ungewöhnliche, für Islands Klima so bezeichnende Menge der atmosphärischen Niederschläge u. die im Zusammenhange mit den eigenthümlichen Structurverhältnissen des Palagonitgebirges daraus hervorgehende erstaunenswerthe Entwickelung der dortigen Quellerscheinungen bedingen. Ungeheuere Wassermassen brechen aus den Spalten u. Gewölben der Gletscher hervor, oder stürzen sich in Cascaden von den Eiswänden herab, u. verwandeln nicht selten meilenweite Flächen in einen bodenlosen Geröllschlamm, in welchem sich die Fluthen verlieren, ehe sie in begrenzten Flussbetten einen geregelten Abfluss sich bahnen. Unzählige Landseen, endlose Moore u. Schlammflächen, welche dem Reisenden diese an sich schon

---

*) Cf. Fr. Mohr in *Westermann's Jahrb. XII, 1862. *Winkler Island; 1861. Auch dessen Aufsatz in *Westermann's Jahrb. IX. Müller Lehrb. d. kosm. Phys. (Abdruck in Baln. Ztg. VI, 1858). Pliny Miles Nordfahrt; 1855. Bunsen in *Annal. d. Chem. LXII, 1847, 27—45, auch in *Poggendorf's Ann. LXXII, 1847, 159. Bunsen u. Descloiseaux in Compt. rend. XXIII, 1846, 935. Sartorius v. Waltershausen Isl.; 1847. *Garlieb Isl. 1819. Ohlafsen Reise; 1774. Horrebou Nachr. v. Isl. — De Troël Lettres sur l'Isl., trad. du Suédois. Mackenzie in Bibl. brit. LVII u. Travels in Isl. (Plan u. Durchschnitt des Geysers).

**) Die W.-Scheide des Nord- u. Südlandes erreicht eine Höhe von 689 M.. Die Höhe der Quellengruppe, wozu der grosse Geyser gehört, ist etwa 110 M. über Reykjavik.

erstorbene u. öde Natur noch schauerlicher erscheinen lassen, sind eine Folge solcher Ueberfluthungen, u. verbreiten über das Hochland der Insel eine Wassermasse, die sich auf den sanft geneigten Gesteinsschichten nach den tiefern Abdachungen hinzieht, u. den verschiedenen Quellensystemen zur Nahrung dient." (Bunsen.) Die der vulkanischen Hebungslinie entsprechenden Klüfte u. Spalten müssen nothwendig den Zug dieser unterirdischen Wässer unterbrechen, u. sie jenen Tiefen zuführen, wo unter dem Einflusse der vulkanischen Bodenwärme eine Erhitzung u. Dampfbildung erfolgt. Das W., durch die vereinte Kraft der Dämpfe u. des hydrostatischen Druckes gehoben, bricht dann in Thermenzügen hervor, deren so häufig wiederkehrende nordöstliche Richtung daher zu den allgemeinen geognostischen Verhältnissen der Insel in der engsten Beziehung steht. Dass es in der That die meteorologischen Niederschläge sind, welche den Thermen das W. zuführen, u. dadurch einen Zusammenhang zwischen den atmosphärischen u. vulkanischen Erscheinungen vermitteln, sucht Bunsen aus dem Gehalte der W. an Stickstoff u. Ammoniak u. organischen Stoffen zu beweisen. Diese Beobachtungen schliessen indessen keineswegs die Möglichkeit aus, dass auch der bedeutende W.-Gehalt des Palagonits in den Tuffen nicht unwesentlichen Antheil an der Dampfentwickelung nehme, welche die Suffionen u. Geyser charakterisirt, u. die sich bei den grossen Ausbrüchen der zahllosen Vulkane Islands, in der Gestalt ungeheurer, den Krateren entsteigender Aschenpinien im grossartigsten Maassstabe Bahn bricht.

Die Thermen sind über ganz Island verbreitet, ja erstrecken sich noch darüber hinaus, z. B. in den Breeda-Fjord. Im Sundlenga-Syssel Bezirke, wo ehemals die meisten Vulkane waren u. der Hekla noch seine verglasten Spitzen erhebt, brechen sowohl nahe als ferne von diesen Feuerheerden Thermen hervor u. im Guldbringe-Syssel, als dem Sitze der meisten ältern Lavaströme, finden sich auch die meisten heissen Quellen (Kriserig, Reikianaes etc.). Im nordwestlichen Bezirke der Insel sind die Thermen besonders häufig; ihre Zahl wächst im nördlichen Bezirke nach Osten hin mit der Zahl der Vulkane. Im Ostbezirke, dem gebirgigsten Theile der Insel, aus dessen Vulkanen ununterbrochen W.-Dampf u. sehr oft auch siedende W.-Ströme hervorbrechen, sind die Thermen weniger zahlreich. Im Sundlendinga Fjordungr gehen viele Thermen (alle Sprudel) über die Siedhitze; im Vestlendinga erreicht die Qu. Krablanda fast den Kochpunkt; im Nordlendinga sind siedende Sprudel. Die bekannteste Thermalgruppe Islands ist aber die der Gegend des Geyser's (Geysir's) im Aarness-Syssel, 5 geogr. Meilen südwestlich von der Heklaspitze. Der isolirte, 1/4 Meile lange, schmale Quellenberg, der sich am höchsten am nordwestlichen Ende erhebt, u. zwar bis zu 500′, fällt gegen die Quellen hin allmälig ab, während er nach der andern Seite mit senkrechten Wänden abstürzt. Erst 1 1/2 Meile weiter liegt ein anderer, 2000′ hoher, steiler Berg. Sonst ist der Quellenbezirk eine grosse Ebene. *) Die vorzüglichsten Qu. desselben sind: der grosse Geyser, dann etwa 180 M. nach SW der grosse Strokkr, noch etwa 220 M. weiter der kleine Geyser, u. noch 175 M. weiter der kleine Strokkr. Um die erste

*) Die Haupterstreckung der Qu. läuft ungefähr N 17° O, also der Heklakette u. der allgemeinen vulkanischen Spaltenrichtung annähernd conform. Die älteste Gebirgsart, welche den Quellenboden bildet, ist ein Palagonittuff, der von einem, am nordwestlichen Rande der Quellen sich entlangziehenden Klingsteinrücken durchbrochen ist. Nur hier u. da dringen einzelne Koch- u. Dampfquellen aus dem Klingstein selbst in einer Höhe von ungefähr 55 M. über dem grossen Geyser hervor. Der eigentliche Heerd der Quellenthätigkeit findet sich am Fusse jener Klingsteindurchbrechung in einem lockern Palagonittuff.

u. die vierte Qu. u. überhaupt zwischen den genannten vier Qu. sind noch andere vertheilt; im Ganzen werden jetzt 28 Oeffnungen gezählt, woraus heisses W. kommt u. noch ein Dutzend Löcher, woraus Dämpfe strömen. *) Viele dieser Thermen setzen Kieselsinter ab. Der Kieselsinter erstreckt sich nach Robert in einer Länge von 9 u. in einer Breite von 1 Kilometer u. zwar in flachen Hügeln bis zu 30 Met. Höhe. (Bull. géol. XI, 1840.) Grosse Massen von Sinter befinden sich an Stellen, wo jetzt keine Thermen mehr fliessen. Die Thermen sind entweder ruhige oder explodirende. Die kochenden W. werden mit dem Namen Hver (plur. Hverar) bezeichnet. Cf. S. 60, Anm. . **)

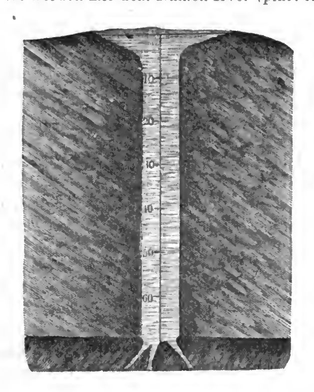


Fig. 10. Durchschnitt der Geyserröhre.

Der Geyser (das heisst: Sprudler) liegt auf oder vielmehr in einem Sinter-Hügel, der sich aus seinem W. gebildet hat; es ist dies ein Kegel von 25—30′ Höhe u. 200′ Durchmesser, ***) welcher, vom Fusse gesehen, einem abgeplatteten Kugelabschnitt ähnlich ist u. dessen äussere aschgraue Oberfläche mit der Rinde einer sehr alten Eiche verglichen wird. In die Abplattung des Kugelabschnittes liegt ein 4—6—7′ tiefes u. 50—60′ im Durchmesser haltendes †), rundes, einer Untertasse ähnliches Bassin eingesenkt, das nach unten in einen senkrechten, wie das Bassin, aus Kieselsinter bestehenden, 60 par. F. tiefen, 9,2 F. weiten ††) Kanal übergeht.

Die Explosionen des Geysers wiederholen sich in sehr verschiedenen Zeiträumen. Nach Troël kommen bis 10 Eruptionen in 5 Stunden. Sartorius

---

*) Andere geben 40—50 Qu. an, Pliny Miles mehr als 100, theils wasserlose Löcher. Den Plan des Quellenbodens s. bei Winkler S. 188.

**) Die Qu. Islands sind sehr verschieden in chemischer Hinsicht. Nicht alle setzen Kieselsinter ab, sondern, wie im Guldbringe-Syssel, kalkigen oder thonigen Sinter; andere, z. B. bei Skaholt, sintern nicht. Sauerbrunnen, Oelkildar d. h. Bierquellen genannt, scheinen blos im nordwestlichen Bezirke vorzukommen, besonders im Sneefiäld-Syssel, vorzugsweise da, wo sich fast keine heissen Qu. finden, obwohl bedeutende Tuff-Ablagerungen darauf schliessen lassen, dass einst solche vorhanden waren.

***) Nach einer anderen Anschauung ist die Höhe 6′, der Durchmesser 150′.

†) 48′ nach anderer Messung; 46 u. 56′ nach Pliny Miles in zwei Richtungen. In der Durchschnittszeichnung ist es also zu schmal.

††) Der Kanal ist oben, wo das Becken in ihn übergeht, 16′ breit; 15,4′ nach dem Schiffsarzte der Recherche (J. 1836), der die Tiefe zu 71′ angibt. Eine andere Angabe ist 65′. Bei diesen Verschiedenheiten der Angaben muss man die Unterschiede der französischen u. englischen Fussmaasse berücksichtigen.

Die Bildung des Hügels aus dem Kieselsinter muss einen sehr langen Zeitraum (man meint, wohl 1000 Jahre) erfordert haben. Cf. Hydro-Chemie.

v. Waltershausen sah sie während 12 Tage sehr regelmässig alle 80—90 Minuten erfolgen, bis sie plötzlich sehr heftig wurden; als Krug v. Nidda den Geyser besuchte, wiederholten sich kleinere Eruptionen alle 2 Stunden, grössere nach 24—30 Stunden. Nach Ohlsen erfolgen die 6—10 Minuten dauernden Ausbrüche alle 6 Stunden. Dufferin musste 3 Tage lang vor dem Geyser Wache halten in der Erwartung eines Ausbruches. Nach Winkler dauert es oft 6—7 Tage, ehe ein neuer Paroxysmus kommt. Gewöhnlich ist das Becken mit seegrünem W. gefüllt, das in kleinen Rinnen abfliesst. Von Zeit zu Zeit lässt sich ein unterirdisches Donnern hören; das W. im Becken schwillt an u. grosse Dampfblasen steigen auf, welche an der Oberfläche zerplatzen u. das W. einige, auch wohl 20 Fuss hoch in die Höhe werfen. Dies sind die kleinern Eruptionen, die den grössern vorhergehen. Die stärkeren Eruptionen beschreibt Sartorius v. Waltershausen folgendermaassen. »Ein stärkeres Donnern wird aus der Tiefe vernommen; das W. schwillt im Bassin, schlägt hohe Wellen u. wirbelt umher; in der Mitte erheben sich gewaltige Dampfblasen, u. nach wenigen Augenblicken schiesst ein Wasserstrahl, in feinen blendend weissen Schaum zerstiebt, in die Luft; er hat kaum eine Höhe von 80 bis 100 Fuss erreicht u. seine einzelnen Perlen sind noch nicht im Zurückfallen begriffen, so folgt ein zweiter u. dritter, höher emporsteigender, dem ersten nach. Grössere u. kleinere Strahlen verbreiten sich nun in allen Richtungen; einige sprühen seitwärts, kürzeren Bogen folgend; andere schiessen aber senkrecht empor mit sausendem Zischen; ungeheure Dampfwolken wälzen sich über einander u. verhüllen zum Theil die Wassergarbe; nur noch ein Stoss. ein dumpfer Schlag aus der Tiefe, dem ein spitzer, alle anderen an Höhe übertreffender Strahl, auch wohl von Steinen begleitet, nachfolgt, u. die Erscheinung stürzt, nachdem sie nur wenige Minuten gedauert, in sich zusammen, wie eine phantastische Traumgestalt beim Einbrechen des Morgens. Ehe noch der dichte Dampf im Winde verzogen u. das siedende W. an den Seiten des Kegels abgelaufen ist, liegt das vorher ganz mit W. gefüllte Bassin trocken vor dem Auge des Beobachters, der im tiefer führenden Rohre, fast 2 Meter unter dem Rande, das W. ruhig u. still wie in jedem andern Brunnen erblickt.« G. G. Winkler schildert die Ausbrüche nach seiner eigenen Beobachtung in etwas enthusiastischer Weise. »Plötzlich schlug ein dumpfer Knall an unser Ohr. Er glich an Stärke einem in einer Entfernung von einigen Meilen gefallenen Kanonenschusse. Sein Laut war aber ganz eigenthümlich. . . . Wenn ein Chor von Engeln himmlische Weisen um uns angestimmt hätte, so würden sie unsere Sinne nicht mehr gefesselt haben, wie das Rauschen u. Prodeln, das einige zwanzig Schritte von uns im Becken eben vor sich ging. Für diesmal blieb es aber dabei u. wir sahen nur kleine Ströme heissen Wassers über die Seiten des Berges herabquellen. Nach einigen Sekunden war auch das vorüber, u. als wir zum Beckenrand hinaufgestiegen waren, fanden wir den Wasserspiegel der Qu. vielleicht ½ Fuss tiefer als vorher, aber vollkommen ruhig. Nur ein dichterer Dampfqualm war als Zeuge von dem missglückten Versuche zurückgeblieben. So geschah es zum ersten Mal an einem Samstag Morgens. Es wiederholte sich aber der Vorgang während dieses Tages, der darauf folgenden Nacht u. am Sonntage noch sieben- bis achtmal u. setzte uns jedesmal in unnütze Aufregung.«

»Am Sonntag Abends um fünf Uhr überraschte mich derselbe Knall.*)... Während wir einige Secunden lang nur ein Getöse vernahmen, wie es eine grosse Masse siedenden W. hervorbringen muss, vermengt mit stärkeren dumpfen Tönen, wie wenn eine W.-Masse auf eine andere hinabstürzte, stieg mit einem Male aus der Mitte des Hügels, gleich einer gespenstischen Erscheinung, eine silberglänzende Wassersäule auf, u. stürzte, nachdem sie eine Höhe von vielleicht fünfzehn Fuss erreicht hatte, wieder in sich zusammen. Wie soll man in der Secunde, welche die Erscheinung dauert, zurecht kommen u. die Höhe der Säule genau schätzen, während sie durch die Reize ihrer prachtvollen Gestalt, welche durch eine zarte Umschleierung von Dampf nur noch erhöht werden, die ganze Seele in Anspruch nimmt!«

»Indem sich unser Auge noch anstrengt, die Höhe u. Form der Erscheinung, u. das Ohr, die wunderbaren Töne festzuhalten, hat sich die Scene schon wieder geändert. Zum zweiten Mal steigt die Wassersäule empor, diesmal vielleicht 40 Fuss hoch, aber nicht mehr so regelmässig, so voll u. geschlossen, u. im ganzen Umfange gleich beschleunigt. Ein dichter Regen wird dabei nach allen Seiten ausgeschüttet u. über den Sinterberg herab wälzen sich Ströme Wassers. Die Bewegung ist viel heftiger als das erste Mal, als ob sie von mehreren sich schnell folgenden Stössen hervorgebracht wäre.«

»Es folgt noch eine dritte Erhebung, welche das Schauspiel beschliesst. Dabei fährt das W. noch heftiger u. höher auf, aber es bildet keine Säule mehr, sondern nur einen mächtigen Strahl, der je höher um so dünner wird u. endlich zischend zerstäubt.«

»Wenn es möglich wäre, den Vorgang in kurzer Zeit sich öfter wiederholen zu sehen, so dass man mit der nothwendigen Gemüthsruhe die Erscheinung nach ihrer Verschiedenheit in Formen u. Tönen in einem Gesammteindruck auf sich wirken lassen könnte, so würde die Eruption des Geysir eins der prachtvollsten Naturphänomene sein.«

»Man sieht aber den Vorgang mit solcher Spannung u. Aufregung, u. er ist so schnell vorüber, dass es Einem darnach nur ist, als ob man eben aus einem recht lebhaften Traum erwacht wäre.«

Die Höhe des W.-Strahls ist öfters über 100′ geschätzt worden; Pliny Miles schlägt ihn auf 70—75′ an; im Juli 1836 ging er nie über 50′ hoch. Der Strahl soll am höchsten gehen, wenn es nicht sehr kalt ist.

Nach der Eruption ist nicht blos das Becken frei von W., sondern auch das Rohr theilweise; aber das W. fängt wieder sogleich an aufzusteigen u. sich zu einer neuen Eruption anzusammeln; ehe es aber wieder den Rand des Beckens erreicht, vergeht eine geraume Zeit. Es bedarf nach Bunsen mehrere Stunden, ehe der Behälter aufs Neue gefüllt ist u. das W. als eine kleine Kaskade über den Rand desselben überfliesst.

Sogleich nach dem Ausbruche, wodurch das W. sich bedeutend abgekühlt hat, erreicht dessen Wärme nicht mehr die Siedhitze. Bunsen fand

*) Das unterirdische Getöse wird nach Troël noch 500 Ellen von der Qu. gehört u. gefühlt. L.

84°7 an der Oberfläche. In der Tiefe ist es jedoch wärmer u. in einer gewissen Tiefe über 100° warm, ohne jedoch den Siedpunkt des W. unter dem betreffenden Drucke zu erreichen. Sartorius fand in 22 M. Tiefe nach der Explosion eine Wärme von 122°. In jedem Zeitraume ist die Wärme in der Tiefe grösser als an der Oberfläche. Fand der Schiffsarzt der Corvette Recherche in der obersten W.-Schicht 88°, so war bei 30,7 F. das W. 104°, bei 72,3 F. 123—124° warm. Allmälig wächst aber die Wärme von einem Ausbruch bis zum andern.

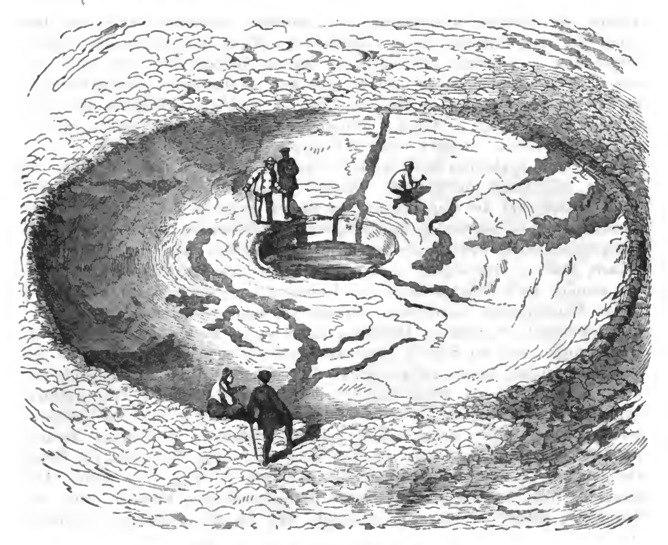


Fig. 11. Das Geyserbecken nach der Eruption.

Der vom Geyser 120 Ellen entfernte alte, seit dem J. 1789 versiegte Strokkr (d. h. Butterfass), auch brüllender Geyser genannt, blies gleich einem Wallfische, das W. in regelmässigen Intervallen von 4—5 Minuten 30—40' hoch auf.

Der bei einem vulkanischen Ausbruche entstandene neue Strokkr, der nach dem Versiegen des alten Strokkr sehr zugenommen hat, sieht anders aus als der Geyser; er hat keinen Eruptionskegel, sondern nur einen 4—5' hohen Sinterwall. Seine Quellenröhre ist 13,55 M. tief u. der Art trichterförmig, dass ihr Durchmesser an der Mündung 2,4 M., in einer Tiefe von 8,3 M. aber nur noch 0,26 M. beträgt. Das W., dessen Niveau 3—4,5 M. (nach Müller u. Krug v. Nidda 9—14', nach Winkler wenigstens 20') unter

der Mündung steht, hat keinen Abfluss u. wird nur durch die Eruptionen entleert. Die gesammte einer Sondirung zugängliche W.-Säule ist fortwährend in heftigem Sieden begriffen. Die Eruptionen sind nach Müller häufiger, nach Winkler seltener als die des Geysers u. erfolgen erst alle 2—3 Tage. Obwohl die jedesmal ausgeworfene W.-Masse ungleich geringer als beim Geyser ist, soll doch die Erscheinung sich grossartiger gestalten. Nacheinander werden stossweise mehrere in den feinsten Staub aufgelöste Strahlen bis zu einer Höhe von 120—150 F. in die Höhe geschleudert, bis nach einigen Minuten kleinere Strahlen das Schauspiel beschliessen. (Müller.) Grosse Steine werden bei solchen Ausbrüchen hoch aufwärts geworfen, dass sie dem Auge fast verschwinden, oft so vollkommen vertikal, dass sie in den Schlund zurückfallen u. abermals hinausfliegen. Zuletzt besteht die ganze Säule nur aus Dampf, der pfeifend u. zischend sich mit unglaublicher Geschwindigkeit zu den Wolken erhebt, bis nach ungefähr ¼ Stunde die Eruption ihr Ende erreicht hat. (Krug v. Nidda.) Ohlsen sah einmal eine Eruption, welche 2 Stunden anhielt. Andere sahen solche von 15, 45, 130 Minuten.

Die Ausbrüche des Strokkr's lassen sich durch das Einwerfen von Steinen willkürlich hervorrufen. Hören wir, was Winkler darüber sagt! »Der Strokkr hat die Aufgabe, in den Pausen zwischen dem ernsten u. majestätischen Spiel des Geysir das Publikum als Harlekin zu unterhalten. Einer jeden Gesellschaft, welche sich auf dem Quellengebiete befindet, dienstfertiger Sclave, lässt er sich immer herbei, seine Kunststücke aufzuführen. Man kann ihn nämlich nach Belieben durch eine Ladung Rasen oder Steine, wie sie etwa in ein Scheffelmaass hineinginge, veranlassen, seine Evolutionen auszuführen. Das Schauspiel, in gewisser Beziehung interessanter als das des Geysir, verliert dadurch sehr an Schöne, dass das ausgeworfene W. von der Erde des Rasens schmutzig braun gefärbt wird. Es beginnt alsbald, nachdem die Ladung, welche man am Rande des Schachtes aufhäufte, in die Tiefe gestürzt ist. Das W. wallt auf u. droht überzulaufen, wie wenn es in einem Geschirre am Herdfeuer heftig siedet; dann poltert es wieder in die Röhre zurück. Anfangs haben nur die Ohren zu thun, aber mit einem Mal fährt ein Strahl aus der Tiefe herauf, hoch in die Luft, vielleicht 70 Fuss oder mehr. Der Strahl ist dick, wie wenn er aus einer Riesenfeuerspritze käme, u. seine Bewegung so heftig, schwirrend, zischend, wie die der gelungensten Rakete. Diese Strahlen folgen sich vier- bis fünfmal schnell nach einander u. die Richtung, welche sie nehmen, ist immer etwas schief nach der einen oder andern Seite geneigt. Auf das Raketenspiel folgt eine Art Erschlaffung, man vernimmt nur noch ein dumpfes Grollen aus der Tiefe, bis sich nach einigen Secunden das vorige Schauspiel wiederholt. Das W. steigt abermals in die Höhe u. dann erheben sich die Raketen. Manchmal geschieht das ein drittes u. viertes Mal.«

Das W. des Strokkr hat nach Krug v. Nidda im untern Theile der 41′ tiefen Spalte 114° Wärme (wohl vor dem Ausbruche). Vgl. unten.

»Ausser diesen periodischen Stossquellen, wie man sie nennen könnte, als deren Prototyp der grosse Geysir u. Strokkr betrachtet werden kann, gibt es noch eine andere Art intermittirender Thermen, deren Thätigkeit sich nicht durch plötzlich eintretende unterirdische Dampfdetonationen anzukündigen

pflegt, u. deren Eruption keineswegs durch stossweises auf eine kurze Zeitdauer beschränktes Hervorbrechen der siedenden Wassermassen charakterisirt ist. Der kleine Geysir, welcher der Quellengruppe von Reykir angehört, bietet eins der ausgezeichnetsten Beispiele dieser Art dar. Auch diese Quelle entspringt im Palagonitgebirge und ist die zweithöchstgelegene gegen die nordöstliche Bergwand hin, an deren Fuss sich die ausgedehnten Kieseltuffablagerungen zu Reykir anlehnen. Man erblickt hier eine konische Tufferhöhung, deren kleiner Quellenkrater theilweise mit Steinen zugeworfen ist. Zwischen diesen Steinen, die zeitweise nicht mit W. bedeckt sind, u. eine nur unbedeutende Wasserdampfentwickelung zeigen, presst sich der kochende

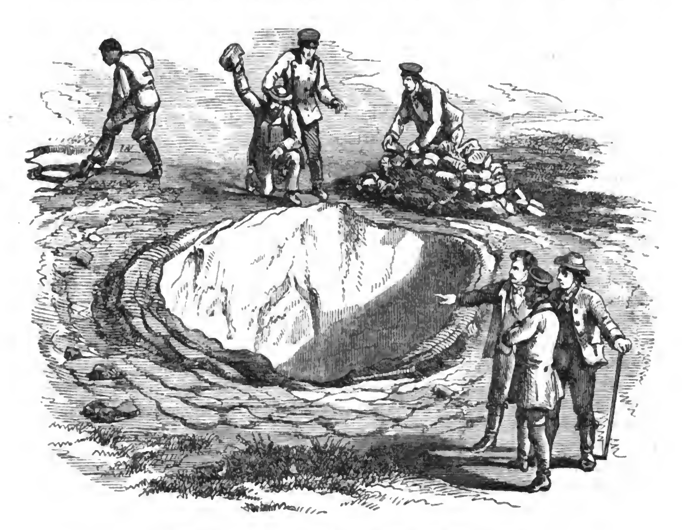


Fig. 12. Der Strokkr. (Anstalten zur Veranlassung einer Eruption.)

Wasserstrahl periodisch hervor. Die Eruptionen wiederholten sich am 24. u. 25. Juni 1846, wo ich die Qu. zu beobachten Gelegenheit hatte, mit grosser Regelmässigkeit in Zwischenzeiten von 3 Stunden 45 Minuten, u. zwar so, dass Morgens zwischen 9^h u. 10^h die Haupteruption erfolgte, gegen welche die übrigen an Ausdehnung u. Schönheit weit zurücktraten. Ihre Annäherung gibt sich durch eine allmälig zunehmende Wasserdampfentwickelung u. durch ein unterirdisches plätscherndes Geräusch zu erkennen. Dann dringt kochender Wasserschaum mit den Dämpfen hervor, der in langsamen Perioden steigend u. fallend sich immer höher u. höher erhebt, bis er nach etwa zehn Minuten, wo die Erscheinung ihre grösste Entwickelung erreicht hat, in

vertikal u. seitlich aufspritzenden Garben gegen 30—40 Fuss hoch emporsteigt. Dann nehmen die Strahlen an Umfang u. Höhe in ähnlicher Weise ab, wie sie sich erhoben, bis die Qu. nach 10 Minuten zu ihrer alten Ruhe zurückkehrt. Diese Erscheinung tritt zwar zurück gegen die gewaltigen Ausbrüche des grossen Geysirs, der eine Garbe kochenden Wassers von mehr als 28 Fuss Umfang über 100 Fuss hoch in ihren äussersten Strahlenspitzen gen Himmel treibt, allein an Schönheit steht sie diesen kaum nach: das betäubende Zischen u. Brausen, mit dem die kochenden Wasserstrahlen aus dem Quellenkrater hervorbrechen, u. durch das man deutlich hindurch das Rauschen der durch die Gewalt der Dämpfe zerstäubten, in Regenschauern herabfallenden W.-Masse unterscheidet — die glänzenden Regenbogen, die durch den Reflex der Sonnenstrahlen mit stets wechselnder Stärke in den herabrauschenden Tropfen auf Augenblicke entstehen, um eben so schnell wieder unter den rollenden Dampfmassen zu verschwinden, — die dichtgeballten Dampfwolken selbst, die von dem Wasserstrahl emporwirbeln, u. dem Spiel der Winde preisgegeben, sich scharf gegen den Hintergrund der dunkeln Bergwand abgrenzen — der mattfarbige Halo endlich, welchen der Beobachter zu Häupten seines schwankenden riesigen Schattens auf diesen Wolken gewahrt, u. der nur ihm selbst, nicht seinem Nachbar sichtbar ist — Alles dieses gewährt einen überraschend grossartigen u. schwer zu beschreibenden Eindruck.« (Bunsen.) Der kleine Geyser liegt 7—8 Meilen südwärts vom grossen Geyser. *) Er soll in 1 Minute 7900 K.F. W. auswerfen können. Der benachbarte Badstofu-Hver wirft sein W. nur 12′ hoch u. schräg aus. In der Nachbarschaft des grossen Geysers sind noch mehrere theils periodische Stossquellen, theils Bassins mit ruhigem W.; die bedeutendste unter den kleinern Springquellen wirft 20—30′ hoch. **)

In Bardestrand-Syssel sind die bedeutendsten Springquellen: Krablanda, 4—6′ hoch springend, fast 100° warm, u. zwei von 82° (vor dem Springen wohl wärmer); alle inkrustiren stark. — Aus dem (nur?) lauwarmen Laugarvatn-See bei Haukadal westlich vom Geyser steigen an 5 Stellen siedende W.-Säulen von 16—24′ Höhe u. 6—8′ Dicke empor. — Zwei Tagereisen vom Hekla traf Troël an 8 Stellen Hverar an, die 18—24′ springen u. so heiss sind, dass darin gehaltenes Fleisch in 6 Minuten zum Zerfallen weich gekocht ist. — Der Reikum springt 60′ hoch.

Kochsprudel u. Geyser sind nicht blos in Island zu finden. Von Neu-Seeland haben wir schon derartige Erscheinungen besprochen (S. 62, 67, 69). Die Geyser von Californien liegen nicht weit vom Washo-See am östlichen Abhange der Kette von Sierra-Nevächi. Das W. wird 7 Meter hoch geworfen. Seine Wärme ist 93, 98, ja zuweilen 100° (vor der Eruption

*) Es ist also ein anderer als der oben erwähnte kleine Geyser, der zu derselben Quellgruppe, wie der grosse gehört u. mit welchem 1784 eine Veränderung vor sich ging. Ohlsen sah aus dem kleinen Geyser (welchem?) W.-Säulen von 150 u. 212′ aufsteigen.

**) Der kleine Strokkr hält regelmässige Zwischenräume von 15 Minuten. Die Bubu-Qu. wetteifert mit der Schnelligkeit der Pulsschläge, denn sie macht angeblich etwa 60 Stösse in der Minute; sie ist also mehr eine continuirliche Kochquelle.

wohl mehr). — Nach Ebel ist auf Madagaskar eine Springtherme, die 20 Stunden weit vom Meere aus gesehen werden kann (Berghaus). — Beim Ouler See in Kaschmir ist eine kochende Qu., die bei ihrem periodischen Aufwallen, das schon durch Stampfen in ihrer Nähe mit den Füssen hervorgerufen werden soll, feinen Sand auswirft, zurückgesunken aber W. u. Gas ohne Sand hervorbringt. (Ritter Erdk. III, 1159.)

An einigen heissen Qu. von Ustlan in Mexiko ist Steigen u. Fallen des W. bemerkbar. Bei solchen, deren Grund mit Steinen angefüllt ist, kocht das W. einige Minuten bis zu 2′ Höhe, u. sinkt dann wieder zurück, so dass die Steine trocken liegen. Dem Fallen u. Steigen geht ein saugender Ton vorher (Lyons, Journ. of a resid. in Mex. II, 60).

Alternirende Geyser. G. Mackensie beschreibt zwei Geyser, die abwechselnd mit ebenso regelmässigen Zwischenzeiten von Ruhe als die andern heissen Qu. von Island springen. (Gilbert's Ann. 43. B., 114.) Bei Reikedal, Thingoë Syssel sind 3 Hverar, die nach dem Geyser die grössten sein sollen; der südlichste springt aus zwei Oeffnungen wechselweise alle 1—2 Minuten 2—41′ hoch; das Bassin ist 15′ tief. Der mittlere dieser Hverar heisst Oxe Hver; der nördlichste ist der Baststova (sic!). In demselben Distrikte des Hunavatns Syssel, wo der Reikelaug (am Midfiord) liegt, welcher (326° F. wohl =) 163° C. warm sein soll, sind 7 abwechselnd ausbrechende Sprudel. — Auch auf Neu-Seeland scheinen solche alternirende Sprudelquellen vorzukommen.

Warme Schlammvulkane. Die Schlammvulkane, wenn sie mit Erguss salzigen Wassers verbunden sind, auch Salsen genannt, sind zuweilen von Gasen in Bewegung gesetzt, welche keine merklich erhöhte Temperatur bekunden; so die (in der Hydro-Chemie beschriebenen) Vulcanitos von Carthagena. Andere sind aber warm; z. B. zeigten die Salsen am östlichen Fusse der californischen Cordillere (gemessen von Heintzmann u. Le Conte) im Hauptteiche 47°8, im kleineren Nebenteiche 56°9, während in einer Gasmündung schon 76°9 beobachtet wurde. Wir haben die Puia's von Neu-Seeland erwähnt (§. 18). Auf Java sind ähnliche Erscheinungen häufig, z. B. zu Kuwu. Auf einer grossen Ebene erhebt sich hier an gewissen Stellen der Schlamm zuckerhutförmig, oft bis 60—70′ hoch u. zerplatzt dann mit einem Knall. Beim Zerplatzen entweicht ein dunkelblauer, nach Jod riechender Dampf. Frisch ausgeworfener Schlamm war 38° warm. In der Nähe sind kalte Salzquellen. (Flora 1847, 644—646.) — In Island finden sich heisse Schlammvulkane, die aus der Zersetzung des Tuffes durch heisses W. entstanden sind. In einer ganz vegetationsleeren, wagerechten Ebene von aschgrauer Färbung, die nach Norden von starren Lavaströmen, im Westen von einem Höhenzug der Solfataren, in dem überall Dämpfe hervorsteigen, begrenzt wird, liegen 4 grössere u. mehrere kleine Schlammkessel mit verdächtigem Erdreich umgeben, das leicht unter den Füssen des Beobachters zusammenbricht. Ein graublauer, öfter noch blauschwarzer, widriger Schlamm, der für nichts Anderes tauglich zu sein scheint, als die Isländer von Hautausschlägen zu heilen, brodelt hier dampfumhüllt in Becken mit kraterförmigen Rändern u. wird von platzenden Blasen, die ununterbrochen aus der Tiefe emporsteigen, in die Luft gespritzt.

Derartige Schlamm-Auswürfe gehen häufig 5—15′ hoch u. höher. Je höher die Schlammvulkane die breiige Masse aufwerfen, je nothwendiger wird zur Erklärung der in ihnen thätigen Kraft die Annahme von Dämpfen, die durch hohe Wärmegrade eine grosse Spannkraft erlangt haben.

Der Macaluba, ein unfruchtbarer Berg in Sicilien, trägt in einem ungeheuren mit Schlamm ausgefüllten Schlunde eine Menge Miniaturkrater, die flüssigen Thon auswerfen. Oft finden grossartige Explosionen statt. Die Auswürfe sind bisweilen heiss. Nach Ferrara blieb das W. in den Vertiefungen sogar mehrere Monate heiss;

heisse Dämpfe strömten aus den Oeffnungen rund um den grossen Schlund. In der Umgebung liegen ähnliche „Macalubette“. Nach Dolomieu war der Schlamm kälter als die Luft u. verlischt das Licht in den hervorströmenden Gasen. Das sich ansammelnde W. ist salzig. An dem Berge befindet sich auch eine Salzquelle.

§. 52. Erklärung der Explosionen der heissen Quellen. Geyser-Theorien.

Hic ubi percaluit (aer) calefecitque omnia circum
Saxa furens, qua contingit terramque....
Tollit se ac rectis ita faucibus ejicit alte,
Funditque ardorem late. Pontanus.

Die von Makenzie zur Erklärung der Geyser-Eruptionen aufgestellte Hypothese von unterirdischen Hohlräumen, welche sich abwechselnd mit kaltem W. u. nach dessen Erhitzung mit W.-Dampf füllen sollten, hat lange Zeit die unbestrittene Herrschaft besessen, bis Bunsen ihre Unhaltbarkeit nachwies. Fig. 13 zeigt die Art u. Weise, wie man sich die Gestaltung im Erdinnern dachte, nämlich eine grosse Höhle, die mit dem untern Ende des Geyserrohrs zusammenhängt.

„Die grösste Schwierigkeit dieser Hypothese beruht auf der Unmöglichkeit, die durch Jahrhunderte fortgesetzte Dauer der Erscheinung zu erklären. Die Grösse des Hohlraumes oder wenigstens des bis zum Ausströmen von Dämpfen ruhigen obern Theiles ist durch die Menge des bei einem Auswurfe verloren gehenden W. gegeben. Diese Menge ist nicht sehr bedeutend, u. da bleibt es ganz unbegreiflich, wie aus den Wänden eines so kleinen Raumes, der mit schlecht wärmeleitendem Gestein umgeben ist, die nöthige Menge Wärme zutreten könne. Im Gegentheil ist anzunehmen, dass ein beschränkter Hohlraum durch periodisch eintretendes kaltes W. sehr bald ganz abgekühlt werden würde u. damit die Erscheinung aufhören müsste. Kaltes W. muss aber angenommen werden, um den gebildeten Dampf wieder zu verdichten u. dadurch die bis zum nächsten Ausbruch verlaufende Zeit zu erklären.“

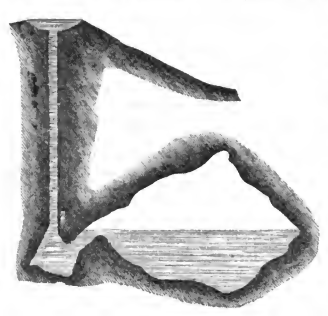


Fig. 13.
Idealer Geyserdurchschnitt nach der alten Theorie.

„Eine andere Schwierigkeit besteht in der Art u. Weise, wie sich der Geyser wieder füllt. Da eine Eruption des Geysers nur wenige Minute dauert, so muss man der Röhre, welche den Hohlraum mit dem senkrechten Geyserrohr verbindet, einen sehr grossen Querschnitt geben, damit die ausgeworfene Menge W. in der kurzen Zeit des Ausbruches hindurch könne. Im folgenden Augenblicke soll aber durch Verdichtung der Wasserdämpfe im Hohlraum sich dieser letztere wieder mit kaltem W. füllen. Es müssten also auch die Zuflusskanäle des nachdringenden kalten Wassers eben so weit sein, um dies in derselben kurzen Zeit des Ausbruches fertig zu bringen. Wenn aber die Kanäle des kalten, mit stärkerm Drucke nachdringenden W. weit sind, so ist unbegreiflich, warum das auf 10 Fuss Tiefe ausgeleerte Geyserrohr sich erst nach vielen Stunden wieder füllt. Gibt man aber den Zuflusskanälen einen kleinen Querschnitt, so müsste ein viel grösserer Theil des Inhaltes des Geyserrohres bei der Verdichtung der Dämpfe in den Hohlraum zurücktreten, ja es müsste noch Luft mit eingeschlürft werden.“ (F. Mohr.)

Nach der Entwicklung seiner Geyser-Theorie macht Bunsen noch folgende Bemerkungen: „Hält man diese Theorie mit der alten Geysirhypothese zusammen, so begreift man um so weniger, wie sich die letztere so lange hat in der Wissenschaft erhalten können, als sich die Widersprüche nicht verkennen lassen, in denen sie mit Thatsachen steht, welche man bei jeder Eruption zu beobachten hat. Die jener Hypothese entsprechende Vorstellung von unterirdischen Dampfkesseln, welche abwechselnd bald mit Dampf, bald mit W. erfüllt sein sollen, ist nämlich ganz unverträglich mit der einfachen Beobachtung, dass die bei den Eruptionen über den Rand des Bassins geschleuderten W.-Massen vollkommen der unmittelbar darauf eintretenden Niveauerniedrigung des W. entsprechen, u. das von jener Hypothese nothwendig geforderte Zurücktreten des W. in den supponirten unterirdischen Dampfkessel in der Wirklichkeit gar nicht stattfindet. Es könnte daher überflüssig erscheinen, noch eine andere Beobachtung zu erwähnen, welche die völlige Unhaltbarkeit der bisherigen Ansicht darthut, wenn nicht daraus zugleich ganz in Uebereinstimmung mit der eben entwickelten Theorie (s. unten: Ref.) gefolgert werden könnte, dass der untere Theil des Geysirs oft gar nicht an der stürmischen Bewegung Theil nimmt, welche sich während der grossen Eruptionen im oberen Theile desselben kund gibt. Es ist mir nämlich geglückt, während eines Ausbruchs, der eine Höhe von 43.3 Meter erreichte, einen behufs einer Manometermessung mit eingesenktem Thermometrographen unversehrt in der Tiefe der Geysirröhre zu erhalten, u. daran eben so wie dicht vor dem Ausbruch eine um mehr als 9° C. niedrigere Temperatur zu beobachten, als dem Kochpunkte an dieser Stelle entsprochen haben würde — eine Beobachtung, die eine Ungereimtheit in sich schliesst, wenn man im Sinne der alten Hypothese annehmen wollte, dass das an einer tiefern Stelle kochende W., von unten in das Geysirrohr gepresst, die Eruption bewirke."

Für den kleinen Geyser ist nach Bunsen seine gleich zu entwickelnde Geysertheorie nicht annehmbar wegen der Dauer der Ausbrüche, des langsamen aber stetigen Wachsens u. Abnehmens derselben u. der grossen Regelmässigkeit ihrer Periodicität. Dagegen sollen alle diese Erscheinungen in Einklang mit Mackenzie's Hypothese stehen.

Das Entstehen von Geysern (es ist hier vorzüglich an den grossen Geyser zu denken) hängt zusammen mit der Erzeugung von röhrenförmigen Umsinterungen der Quellen; diese Sinterröhren bilden sich durch Absetzen der im W. gelösten Kieselsäure. Beim Verdunsten des W. bleibt nämlich die Kieselsäure zurück. »Denkt man sich eine einfache incrustirende Thermalquelle, welche das W. von ihrem Bassin aus über eine flachgeneigte Bodenfläche ausgiesst, so ist es einleuchtend, dass das Bassin, in welchem das stets erneuerte W. der Verdunstung nur eine höchst unbedeutende Oberfläche darbietet, von Kieselbildungen frei bleiben muss, während seine, den Wasserspiegel überragenden Ränder, an denen die durch Capillarität eingesogene Feuchtigkeit leicht u. schnell eintrocknet, sich mit einer Kieselerdekruste bekleiden. Weiterhin, wo das W. sich auf der die Quelle umgebenden Bodenfläche ausbreitet, nehmen die Incrustationen in dem Maasse zu, als seine Verdunstungsoberfläche wächst. Die dadurch bewirkte Bodenerhöhung setzt dem Abfluss des W. allmälig ein Hinderniss entgegen u. leitet dasselbe gegen den tiefern Boden hin, wo das Spiel dieser Sinterbildungen sich von neuem wiederholt, bis die veränderten Niveauverhältnisse immer wieder einen Wechsel des W.-Abflusses herbeiführen. Da das Quellenbassin an dieser Incrustation keinen Antheil nimmt, so baut es sich, indem es sich mit einem Hügel von Kieseltuff umgibt, zu einer tiefen Röhre auf, die, wenn sie eine gewisse Höhe erreicht hat, alle Bedingungen in sich vereinigt, um die Qu. in einen Geysir zu verwandeln. Ist eine solche Röhre, je nachdem es das ursprüngliche

Verhalten der Quelle mit sich brachte, verhältnissmässig eng, u. wird sie von einer nicht zu langsam hervordringenden, durch vulkanische Bodenwärme von unten sehr stark erhitzten Wassersäule erfüllt, so muss eine continuirliche Springquelle entstehen, wie man deren an vielen Orten in Island beobachtet. Denn man begreift leicht, dass eine Quelle, welche ursprünglich an ihrer Mündung keine höhere, als die dem Atmosphärendruck entsprechende Temperatur besitzen konnte, sehr wohl, nachdem sie sich durch allmälige Incrustation mit einem Röhrenaufsatz versehen, unter dem Drucke der in dieser Röhre ruhenden Flüssigkeit nun am Boden derselben eine über 100° C. steigende Temperatur erreichen kann. Die in der Tiefe des natürlichen Quellenschachts über 100° erhitzte aufsteigende, stets von unten her erneuerte W.-Masse einer solchen Qu. muss, sobald sie die Mündung der Röhre durchströmt, eine dem verminderten Druck entsprechende Temperaturerniedrigung bis auf 100° C. erleiden, wobei der ganze Wärmeüberschuss über 100° zur Dampfbildung verwandt wird. Das W. dringt dann, durch die Expansivkraft dieser entwickelten Dämpfe gehoben mit demselben zu einem weissen Schaum vermischt, in einem continuirlichen Strahle unter Brausen u. Zischen aus der Quellenmündung hervor. Dieser Qu. gibt es unzählige in Island. Besonders reich daran ist das Reykholter Thal. Ich übergehe hier ihre nähere Betrachtung, da sie nur ein untergeordneteres Interesse darbieten. Ist dagegen die durch den Incrustationsprozess gebildete Geysirröhre hinlänglich weit, um von der Oberfläche aus eine erhebliche Abkühlung des W. zu gestatten u. tritt der weit über 100° erhitzte Quellenstrang nur langsam in den Boden der weiten Röhre ein, so finden sich in diesen einfachen Umständen alle Erfordernisse vereinigt, um die Qu. zu einem Geysir zu machen, der periodisch durch plötzlich entwickelte Dampfkraft zum Ausbruch kommt, u. unmittelbar darauf wieder zu einer längeren Ruhe zurückkehrt. Der grosse Geysir erscheint als die bedeutendste unter diesen Qu., welche man als gleichsam natürliche Collectoren der Dampfkraft betrachten kann.« .... »Unmittelbar nach erfolgter Eruption steigt das 1^{m} bis 2^{m} tief in der Röhre stehende W. allmälig während einiger Stunden bis an den Rand des Beckens, wo es ruhig in der Gestalt einer kleinen Cascade über den Konus abfliesst.«

»Es lässt sich zunächst leicht durch Versuche nachweisen, dass die die Röhre erfüllende Flüssigkeitssäule fortwährend von unten durch eindringendes W. erhitzt wird, während es von oben an dem grossen W.-Spiegel des Beckens eine stete Abkühlung erleidet. Diese letztere vermittelt sich in der Röhre selbst durch einen im obern Theil derselben auf- u. absteigenden Strom, der im Centrum der Röhre als erhitzte W.-Säule emporspringt, sich an der Oberfläche des Beckens gegen den Rand desselben hin verbreitet u. nach der Abkühlung am Boden des Bassins in die Röhre zurückfliesst. Um diesen Strom nachzuweisen, reicht es hin, in den Mittelpunkt des Geysirbeckens einige Papierblättchen zu werfen, die sogleich auf der Oberfläche an den Rand getrieben u. von da wieder am Boden der Röhre zugeführt werden.«

»Die Temperaturveränderungen, welche die jenem abkühlenden u. erhitzenden Einflusse unterworfene W.-Säule in ihren verschiedenen Schichten während eines Intervalls zweier Eruptionen erleidet, haben den Gegenstand

einer Reihe thermometrographischer Messungen ausgemacht, die Hr. Des Cloizeaux u. ich am Geysir gemeinschaftlich ausgeführt haben.« Das nachstehende Schema enthält einen Theil der erhaltenen Resultate:

6. Juli 8h20′ p. m.		7. Juli 2h55′ u. 7h58′ p. m.		
Höhe über dem Boden	Temperatur	Höhe	Temperaturen	
0,3 Met.	123°6 C.	0,3 Met.	127°5	126°5
4,8 »	122°7 »	5,0 »	123°0	
9,6 »	111°0 »	9,85 »	120°4	121°8
14,4 »	85°8 »	14,75 »	106°4	110°0
19,2 »	82°6 »	19,55 »	85°2	84°7.

»Es ergibt sich daraus:

1. dass die Temperatur der Geysircolonne, wie schon Lottin u. Robert beobachteten, von unten nach oben abnimmt,
2. dass, kleine Störungen abgerechnet, die Temperatur an allen Punkten der Säule mit der nach der letzten Eruption verflossenen Zeit in stetem Steigen begriffen ist,
3. dass dieselbe an keinem Punkte, selbst bis einige Minuten vor der grossen Eruption, in der ruhenden W.-Säule den Kochpunkt erreicht, der dem Atmosphären- u. W.-Druck am Orte der Beobachtung entspricht,
4. dass die Temperatur in der mittleren Höhe des Geysirrohrs dem daselbst der drückenden W.-Säule entsprechenden Kochpunkte am nächsten liegt, u. um so näher rückt, je mehr der Zeitpunkt einer grossen Eruption herannaht.«

»Fasst man zunächst die Periode in's Auge, welche der Eruption unmittelbar vorangeht, so ergibt sich, dass nur ein sehr geringer Anstoss nöthig ist, um einen grossen Theil der W.-Säule plötzlich zum Kochen, u., wie sich sogleich ergeben wird, in Eruption zu versetzen. Jede Ursache nämlich, welche diese Wassercolonne nur um einige Meter emporhebt, muss diese Wirkung zur Folge haben.« *) »Denkt man sich z. B. eine solche Hebung um 2m, so wird die über dem Punkte a drückende Säule um die Höhe a b verkürzt u. die Temperatur der nun unter einem um a b geringeren Druck befindlichen W.-Schicht liegt jetzt um ungefähr 1° über dem entsprechenden Kochpunkt des Wassers. Dieser Ueberschuss von 1° wird daher sogleich zur Dampfbildung verwendet, u. erzeugt im vorliegenden Fall, wie eine leichte Rechnung zeigt, aus einer 1m hohen W.-Schicht eine ungefähr gleich hohe Dampf-Schicht, um deren Höhe die sämmtlichen Druckkräfte abermals verringert werden. Durch diese Druckverminderung wird ein neuer, namentlich auch tieferliegender Theil der W.-Säule über den Kochpunkt versetzt; es erfolgt eine neue Dampfbildung, die abermals eine Verkürzung der drückenden

*) Verf. bezieht sich in dem Folgenden auf eine graphische Darstellung, wobei die Abcissenlinie den von der Oberfläche nach dem Boden hin zunehmenden W.-Druck mit Einschluss des Atmosphären-Druckes in Metern darstellt, die Coordinaten die bei diesen Druckkräften im Geysirrohre beobachteten Temperaturen bezeichnen u. eine über die Coordinaten mehr oder minder hoch weggehende Curve die Temperaturen angibt, bei welcher die W.-Säule auf ihre ganze Erstreckung hin ins Kochen gerathen würde.

Flüssigkeitsschichten zur Folge hat, u. so in ähnlicher Weise fort, bis das Kochen von der Mitte des Geysirrohrs bis nahe an den Boden desselben fortgeschritten ist, vorausgesetzt, dass nicht andere Umstände diesem Spiele schon früher ein Ziel setzen.«

»Ist es aus diesen Betrachtungen einleuchtend, dass die W.-Säule im Geysirrohr vom Mittelpunkte aus auf eine gewisse Erstreckung hin plötzlich in's Kochen gerathend, durch den dabei gebildeten Dampf gehoben, successiv unter den Druck einer Atmosphäre gelangt, so lässt sich andererseits durch eine einfache Rechnung nachweisen, dass die bei diesem plötzlich eintretenden Verdampfungsprozess entwickelte mechanische Kraft mehr als hinreichend erscheint, um die ungeheure W.-Masse des Geysirs bis zu der erstaunenswerthen Höhe emporzuschleudern, welche diesen schönen Eruptionsphänomenen einen so grossartigen Charakter verleiht. Es lässt sich nämlich die Grösse dieser Kraft leicht ermessen, wenn man aus den oben mitgetheilten Versuchen, mit Hülfe der latenten Wärme u. des spezifischen Gewichts des W.-Dampfs, die Höhe der Dampf-Säule berechnet, welche beim Aufsteigen eines Abschnitts der W.-Säule bis zur Mündung des Geysirrohrs aus dieser W.-Säule entwickelt wird. In der That, nennt man h die Höhe einer solchen W.-Säule im Geysirrohr, t die mittlere Temperatur derselben in Centesimalgraden, w die latente Wärme des W.-Dampfs, s die Dichtigkeit desselben, verglichen mit der des W., u. a den Ausdehnungs-Coëfficienten des Dampfes, so ergibt sich der Wärmeüberschuss des W. über den Kochpunkt desselben bei dem Drucke einer Atmosphäre zu $t - 100$. Die Höhe des Abschnitts der W.-Säule h aber, welche sich an der Geysirmündung, d. h. unter dem Drucke einer Atmosphäre, durch die Wärmemenge $t - 100$ in Dampf verwandeln würde, verhält sich zu der ganzen Höhe der in Betracht genommenen W.-Säule h wie $(t - 100) : w$. Es verdampft daher für die mittlere Temperatur t, wenn das W. unter einen Atmosphärendruck gelangt, eine W.-Säule von der Höhe $\frac{h\,(t - 100)}{w}$. Daraus ergibt sich unmittelbar die Höhe der gesuchten Dampf-Säule H bei 100° u. 0^{m},76 zu:

$$H = \frac{h\,(t - 100)\,(1 + 100\,a)}{w\,s}.$$

»Wendet man diese Formel auf die durch Beobachtung gefundenen Zahlenwerthe an, so ergibt sich das merkwürdige Resultat, dass in der einer Eruption unmittelbar vorangehenden Zeit eine nur 12^{m} lange W.-Säule, welche sich in einer Höhe von 5^{m} über dem Boden der Röhre bis zu 17^{m} über denselben erstreckt, eine 636^{m}8 hohe Dampfsäule (zu 100° u. einem Atmosphärendruck angenommen) vom Querschnitt des Geysirrohrs erzeugt, die sich als continuirlich wirkende Triebkraft aus der emporgepressten W.-Masse entwickelt hat, wenn deren unterer Theil an die Geysirmündung gelangt ist. Die ganze Geysircolonne von dem Punkt an gerechnet, wo ihre Temperatur 100° C. beträgt, bis zum Boden, würde nach einer ähnlichen Rechnung eine solche Dampfsäule von 1041^{m} Höhe *) erzeugen. Dass diese ungeheuere Kraft

*) „Ich habe der Einfachheit wegen bei dieser Berechnung angenommen, dass die Temperatur des W. im Geysirrohr nicht in stetigen Curven, sondern in

sich nicht in einem einzigen Eruptionsstrahl erschöpfen kann, ist leicht begreiflich, denn die in der Luft abgekühlten W.-Strahlen des Ausbruches stürzen fortwährend in das Geysirrohr zurück u. unterbrechen die Kraft der empordringenden Dampfsäule auf Augenblicke dadurch, dass der Dampf in dem abgekühlten zurückstürzenden W. so lange condensirt wird, bis die Temperatur des letztern wieder auf den Kochpunkt gestiegen ist, u. es dadurch von Neuem die Fähigkeit erlangt, emporgeschleudert zu werden. Dass die Discontinuität der gleichsam in successiven Schüssen aus dem Rohr hervorbrechenden Wassergarben in der That diesem Umstande beizumessen ist, davon kann man sich leicht durch die Wahrnehmung überzeugen, dass zwischen den einzelnen emporsteigenden Strahlen das W. aus dem Bassin in die Röhre zurückströmt, u. selbst auf Augenblicke mit Gewalt von derselben eingesogen wird. Diese Erscheinung erklärt zugleich die oft auf einen Zeitraum von mehr als fünf Minuten verlängerte Dauer der grossen Eruptionen.«

»Sehen wir nun, durch welche Ursache die Wassercolonne jene Hebung erleidet, die den ersten Anstoss zur Eruption gibt. Ein grosser Theil der Isländischen Thermen zeigt die leicht erklärliche Eigenthümlichkeit, dass sich periodisch an gewissen Stellen in dem W. des Quellenbassins eine Anzahl grosser Dampfblasen bildet, die bei dem Aufsteigen in eine obere kältere Schicht plötzlich wieder condensirt werden. Es entsteht dadurch stets eine kleine Detonation, die von einer halbkugelförmigen Hebung u. gleich darauf wieder erfolgenden Senkung der Wasseroberfläche begleitet ist. Auch der grosse Geysir ist durch eine periodische Folge solcher Dampfdetonationen charakterisirt, die erst vier bis fünf Stunden nach einer grossen Eruption ihren Anfang nehmen, u. sich dann in Zwischenzeiten von ein oder zwei Stunden bis zum nächsten Ausbruch, dem sie stets in rascher Folge u. grosser Heftigkeit unmittelbar vorangehen, wiederholen. Die Erklärung der Periodicität dieser Detonationen bietet keine Schwierigkeiten dar. Sie ergibt sich leicht aus dem Umstande, dass, wenn in den Zuführungskanälen des Geysirrohrs eine W.-Schicht unter dem andauernden Einflusse der vulkanischen Bodenwärme in's Kochen geräth, u. der gebildete Dampf bei dem Aufsteigen in die höheren kälteren W.-Massen wieder condensirt wird, die Temperatur dieser kochenden Schicht durch die in ihr stattgehabte Dampfbildung so weit erniedrigt wird, dass sie, nach der Condensation der im W. aufsteigenden Dämpfe wieder dem ursprünglichen höheren Drucke ausgesetzt, eine längere Zeit nöthig hat, um von Neuem bis zum Siedepunkt erhitzt zu werden. Die durch diesen Umstand bewirkte Hebung der W.-Masse im Geysir pflegt der durchschnittlichen W.-Masse nach zu urtheilen, welche dabei aus der Mündung der Röhre in Gestalt eines konischen Wasserberges hervordringt, selten mehr als ein bis zwei Meter zu betragen. Eine solche Hebung ist aber, wie ein Blick auf die graphische Darstellung zeigt, nicht eher im Stande, irgend eine W.-Schicht in eine Höhe zu versetzen, wo sie in Folge der daselbst stattfindenden Druckverminderung in's Kochen gerathen könnte, bis die W.-Masse durch allmälige Erhitzung die Temperatur . . . angenommen hat, welche einige Minuten

---

gebrochenen Linien wachse. Bei der ersteren Annahme gibt die Rechnung natürlich eine noch etwas höhere Dampfsäule."

vor der wirklich eintretenden Eruption in der That beobachtet wurde. Alle übrigen dieser Periode vorangehenden Hebungen dagegen werden nur im Stande sein, die untern erhitzten W.-Massen durch Stoss in den obern Theil der Geysirröhre theilweise emporzutreiben, wo diese Massen unter dem verminderten Drucke in's Kochen gerathen u. die kleinen mit geringen Eruptionen verbundenen Aufkochungen bewirken, die man zwischen den grösseren Ausbrüchen beobachtet. Diese kleinen Eruptionen sind daher gleichsam misslungene Anfänge der grossen, die sich von dem Ausgangspunkte der Dampfbildung, wegen der noch zu niedrigen Temperatur der W.-Säule, nur auf kurze Erstreckungen hin fortpflanzen können.«

»Fasst man alle diese Erscheinungen, welche die Geysireruptionen darbieten, in ihrem Zusammenhange auf, so kann man keinen Augenblick daran zweifeln, dass der Hauptsitz der mechanischen Kraft, durch welche die in kochenden Schaum verwandelte W.-Masse emporgeschleudert wird, sich in der That im Geysirrohr selbst befindet. Diese Ansicht findet eine sehr schöne Bestätigung in der Art u. Weise, wie sich das W. während der Ausbrüche in Bewegung setzt.«

»Ich habe wiederholt, um über diese innern Vorgänge Aufschluss zu erhalten, mit Bändern bezeichnete einige hundert Gramm schwere Steine an dünnen Fäden in verschiedenen Tiefen der mit W. gefüllten Geysirröhre aufgehängt, u. an den Boden derselben versenkt. Von allen diesen Steinen waren es stets nur die an der Oberfläche befindlichen, welche bei den grossen oft über 100 Fuss hohen Eruptionen aus der Qu. geschleudert wurden, während die in grösseren Tiefen, namentlich am Boden befindlichen, niemals wieder zum Vorschein kamen. Kilogrammschwere Steine dagegen, welche man in das Geysirbecken legt, werden in den Intervallen der einzeln hervorbrechenden Strahlen mit der vom Geysirrohr abwechselnd eingesogenen W.-Masse des Beckens dem Rohre zugeführt u. aus diesem wieder emporgeworfen. Diese anscheinend auffallende Thatsache steht mit der Erzeugung der Eruptionsstrahlen innerhalb des Rohres in völligem Einklange. Das Gemenge von Dampf u. W., aus denen diese Strahlen bestehen, muss in dem Maasse, als die Ausdehnung u. Entwicklung des Dampfes nach der Geysirmündung hin zunimmt, mit stets beschleunigter Geschwindigkeit sich bewegen, so dass die bewegte Flüssigkeit an der Mündung schwere Gegenstände mit sich fortführen kann, die sie in grösseren Tiefen noch nicht aufwärts zu bewegen fähig ist. Muss man nach diesen Versuchen das Quellenrohr selbst als den eigentlichen Heerd der mechanischen Kraft betrachten, die das Spiel der periodischen Eruptionen unterhält, so lässt es sich auf der andern Seite eben so wenig verkennen, dass, wo auch immer dieser Hauptquellenschacht durch seitliche Canäle mit erhitzten W.-Massen des Bodens communiciren mag, dieses W. während des bei der Eruption verminderten Druckes bedeutende Dampfmassen zu entwickeln u. dem Eruptionsapparate zuzuführen im Stande ist, wodurch nothwendiger Weise die Ausbrüche so sehr an Kraft gewinnen, als an Regelmässigkeit, was ihre Intermittenz u. Dauer anbelangt, verlieren müssen. Dass solche Dampfentwickelungen in der That bei den Eruptionen mitwirken, darauf deutet die merkwürdige Thatsache hin, dass die empordringenden W.-Strahlen bei heftigen Ausbrüchen in einer rotirenden Bewegung

begriffen sind, die sich nicht wohl anders als durch seitliche Dampfeinströmungen erklären lässt. Man kann diese wirbelnde Bewegung zwar nicht die dichten Dampfwolken hindurch beobachten, welche die hervorbrechende W.-Masse umhüllen, allein ich habe sie durch einen Versuch zufällig nachweisen können, den ich ursprünglich in der Absicht anstellte, um den Druck am Boden der Geysirröhre während einer grossen Eruption durch ein eigenthümliches kleines Maximummanometer zu messen, das an einem Seil im Mittelpunkte der Quelle bis fast auf den Boden derselben herabgelassen war. Eine Anzahl Steine, die ich zugleich im Umkreise der Röhre an deren Wandung vermittelst dünner Fäden herabgelassen hatte, trennten sich von diesen Fäden, ohne mit dem W. herausgeschleudert zu werden. Die Fäden selbst aber, welche parallel mit dem Seile in einem Abstande von 1,5 Meter im Umkreise der Geysirröhre herabhingen, hatten sich während der Eruption zu einem unentwirrbaren Knäuel um das in der Mitte niedergehende Seil des Manometerapparates geschlungen, was auf das Bestimmteste eine Wirbelbewegung der W.-Säule anzeigt. Mit diesem Umstande scheint die äussere Erscheinung der Ausbrüche in der engsten Beziehung zu stehen. Es liegt darin unstreitig der Grund jener tangentialen Ausbreitung der emporschiessenden Strahlen, die sich nicht selten bis über den Rand des Tuffbeckens seitlich ausbreiten, so dass die Eruptionen dadurch mehr die Form der Erscheinung annehmen, welche die Franzosen in der Feuerwerkerei mit dem Namen bouquet de feu bezeichnen.«

»Ueberblickt man die Bedingungen, von denen die Thätigkeit dieser Eruptionsquellen abhängt, so wird man sich nicht versucht fühlen können, eine besondere Regelmässigkeit der Dauer u. Aufeinanderfolge ihrer Ausbrüche u. Dampfdetonationen vorauszusetzen. Der unter dem Einflusse wechselnder Witterungsverhältnisse veränderliche W.-Zufluss der Quellen, u. die von der Temperatur u. Stärke der Luftströmungen abhängende Oberflächenabkühlung *) des W. muss auf das Tiefste in das wandelbare Spiel dieser Erscheinungen eingreifen. Und wenn auch die Abhängigkeit der Eruptionen von meteorologischen Einflüssen, wie sie die umwohnenden Landleute annehmen, noch nicht als durch zuverlässige Beobachtungen erwiesen angesehen werden kann, so würde doch eine nach dieser Richtung hin ausgedehnte Untersuchung, auf die der Reisende leider seine Thätigkeit nicht wenden kann, gewiss nur auf eine neue Bestätigung der Theorie führen, deren Grundzüge ich eben zu entwickeln versucht habe.« (Bunsen.)

Der Apparat von J. Müller, welcher den Geyser im Kleinen darstellen soll, wird von ihm folgenderweise beschrieben. Eine ungefähr 1,5 M. hohe Blechröhre von 1,2 Decim. Durchmesser ist unten geschlossen u. endet oben in ein flaches Becken von Blech, welches etwa 0,7 M. im Durchmesser hat. Ungefähr in der Mitte seiner Höhe ist an dieses Rohr ein von durchlöchertem Blech gebildetes Kohlenbecken, das eine Höhe von 0,4 M. u. einen obern Durchmesser von 0,35 M. hat, befestigt. Der ganze Apparat wird durch einen hölzernen Ring getragen, welcher auf drei Beinen ruht. Das Rohr wird ungefähr bis zu seiner Mündung in das Becken mit W. gefüllt, sein unteres Ende in einen mit glühenden Kohlen gefüllten kleinen Ofen gesenkt u. auch der mittlere kleine Kohlenbehälter mit glühenden

*) Die Temperatur des W. im Geysirbecken wechselte an der Oberfläche bei den Beobachtungen von 76° C. bis zu 89° C.

Kohlen gefüllt. Die W.-Masse zwischen den beiden Kohlenbecken wird nun nach einiger Zeit bis zur Siedetemperatur erwärmt sein, welche dem auf ihr lastenden Druck entspricht. Beginnt nun an der Stelle des obern Beckens die Dampfbildung, so werden die ersten Dampfblasen nur ein Aufwallen des W. im Becken bewirken, bis endlich, nach einigen solchen, gleichsam vergeblichen Versuchen eine Eruption erfolgt, welche das siedende W. etwa 2′ hoch in die Höhe schleudert.

Der von Fr. Mohr hergestellte Geyser-Apparat ist anderer Art. Mohr lässt das obere Kohlenbecken, weil es in der Natur keine entsprechende Anordnung zur Grundlage habe, weg. Becken u. Rohr werden mit möglichst schlechten Leitern der Wärme umgeben u. das untere Ende des Rohrs mit einem nebenstehenden Dampfkessel durch eine ebenfalls gegen Abkühlung geschützte enge Röhre in Verbindung gesetzt. Durch diese Röhre soll W., aber nicht Dampf geleitet werden; sie muss also am untern Theile des Kessels einmünden. Ein an dieser Röhre befindlicher Hahn gestattet, den W.-Zufluss eintreten zu lassen, wenn die Temperatur des W. im Dampfkessel auf das Maximum des zulässigen Druckes gesteigert ist. Das Rohr des Geyser-Apparates füllt man mit kochend heissem W. an, um die natürlichen Bedingungen genau nachzuahmen. Jetzt öffnet man den Verbindungshahn vorsichtig u. lässt das überhitzte W. in das Geyserrohr eintreten. Das W. im Rohr wird nothwendig eine Temperatur unter 100° C. haben, da es durch die Wände etwas abgekühlt ist. Gestattet der Dampfkessel eine Spannung von 3 Atmosphären Ueberdruck, so hat das darin befindliche W. eine Temperatur von 145°4. Durch Vermischen von diesem überhitzten W. mit einem andern von ungefähr 98° wird sehr bald ein W. von 101—102° entstehen, welches die 5′ hohe W.-Säule oder etwa $^1/_6$ Atmosphäre heben kann. Es wird dann ein Ausbruch stattfinden, der durch das zurückfallende kalte W. wieder gehemmt wird. Bleibt der Verbindungshahn unverändert stehen, so müssen bei fortgesetzter regelmässiger Heizung die Ausbrüche in ziemlich regelmässigen Zeitabschnitten wiederkehren, während in dem Müller'schen Apparate die Ausbrüche sich wohl einige Male wiederholen, dann aber in ein ununterbrochenes stossweises Kochen übergehen müssen.

Friedr. Mohr hat gegen die Annahme, dass das bereits heiss in das Geyserrohr eingetretene W. von den Wänden desselben diejenige Wärme empfange, welche ihm noch bis zur Dampfbildung unter dem vorhandenen Drucke fehle, Einwendungen erhoben. Der Inhalt des Geyserrohrs beträgt nach den angegebenen Dimensionen (70′ Tiefe 9—10′ Durchmesser) fast 4500 K.F.. „Pliny Miles beobachtete, dass nach einer Eruption das Becken des Geysers ganz u. das Rohr bis auf 10′ Tiefe ausgeleert war. Der W.-Verlust betrug ausser dem Inhalte des Beckens noch den siebenten Theil des Inhaltes des Geyserrohrs, der sich auf 642 K.F. berechnet. Nehmen wir die untere Hälfte des Geyserrohrs als den Sitz der Erwärmung an, so haben wir bis auf 35′ Höhe eine wärmende Wandfläche von 1099 Qu.F.. Es ist nicht denkbar, wie bei der schlechten Wärmeleitungsfähigkeit des Kieseltuffs von dieser kleinen Heizfläche eine solche Wärme Jahrhunderte lang nachfliessen soll, um alle 2—3 Tage eine gleich grosse Menge W. in den überhitzten Zustand zu erheben.... Es ist unbegreiflich, wie durch blosse Leitung aus dem Erdinnern eine Wärme bis zu 50′ Tiefe unter der Oberfläche vordringen könne, die hinreichend wäre, die Erscheinung des Geysers nur einmal, geschweige denn regelmässig wiederholt, hervorzubringen. Wir sind deshalb genöthigt, jede thätige Mitwirkung des Geyserrohrs aufzugeben u. ihm bloss die des Zusammenhaltens der Wärme durch schlechte Leitung zu erhalten. Die Geysertheorie wird dadurch viel einfacher.“ Nachdem Mohr auf den grossen Wärmeheerd verwiesen hat, der in der Tiefe vorhanden ist, fährt er fort: „Das von hinten immer durch kaltes W. gedrängte bereits glühend heisse Wasser steigt aufwärts, gibt in den kältern Schichten der Erde nach allen Seiten Wärme ab u. gelangt endlich mit dem Rest seiner Wärme an die Oberfläche der Erde. Wir nehmen deshalb die Wasserkanäle als ununterbrochen ganz mit W. gefüllt an, u. müssen ebenfalls das Aufsteigen des heissen Wassers als beständig u. von den Erscheinungen des Ausbruchs gar nicht bedingt ansehen. Damit stimmt auch die Erscheinung überein, dass das in's Geyserrohr nach einem Ausbruche etwa 10 Fuss hinabgesunkene W. sogleich wieder anfängt zu steigen, dann bis zum Ueberlaufen des Beckens steigt, wo dann nach einiger Zeit

wieder die Detonationen eintreten u. endlich wieder der Ausbruch stattfindet. Durch den Ausbruch wird alle freie Wärme des W. zur Dampfbildung verwendet, u. das auch durch Berührung der kalten Luft abgekühlte W. stürzt zum Theil in das Becken u. in die Röhre zurück, wo es dann der fernern Dampfbildung durch seine verminderte Wärme ein Ziel setzt. Wir können daraus schliessen, dass der Nachschub des überhitzten W. auch während des Ausbruches nicht gross ist, weil sonst ein ununterbrochenes Heraustreiben stattfinden könnte, dass im Gegentheil das während des Ausbruches hinzugeströmte überhitzte W. von dem wieder herabstürzenden kalten bald unter den Siedepunkt zurückgebracht werde." .... „Aus allen diesen Thatsachen geht hervor, dass die Menge des zufliessenden W. nicht sehr gross ist, u. dass also die Canäle eng sein müssen, wenn man nicht eine sehr langsame Bewegung annehmen will. Es wird niemals möglich sein, die Weite der Canäle oder die Geschwindigkeit des W. in denselben zu messen, während man aus Beobachtungen die Menge des nachfliessenden W. annähernd bestimmen kann. Die uns vorliegenden Berichte geben keine solche genaue Zahlen, dass man eine Berechnung darauf gründen könnte. Die sehr grosse Verschiedenheit der Ruhezeiten lässt auch hierin Unregelmässigkeiten vermuthen, wodurch man niemals zu einer recht sichern Zahl gelangen kann. Jedenfalls aber muss die Weite der Zuflussröhren sehr unbedeutend gegen den Durchmesser des Geyserrohrs sein. Wir gelangen zu dem Schlusse, dass die Unterbrechung der Auswürfe lediglich an die Gegenwart eines weitern Rohres gebunden ist, u. die Zeit der Unterbrechung von der Höhe u. der Weite des Auswurfsrohres abhängig ist." .... „Erweitern sich die Canäle, so werden die Ruhezeiten kürzer; legen sich die auf dem Boden liegenden Steine, deren Makenzie auch mit herausfliegen gesehen hat, ungünstig vor die Ausflussöffnungen, so können längere Zeiträume der Ruhe eintreten; u. nehmen wir an, dass am Boden liegende Steine bei einem Ausbruche nur bewegt werden, ohne herauszukommen, so erklären sich aus der verschiedenen Lage derselben die grossen Ungleichheiten der Pausen. Die senkrechte Richtung des Rohres lässt uns vermuthen, dass die Zuflusscanäle gleich am Boden des Rohres beginnen, denn seine Richtung ist die einer aufsteigenden Dampfblase, u. es muss sich auch jede Fortsetzung des Rohres in derselben Richtung anschliessen."

„Unsere Geysertheorie unterscheidet sich demnach von der in der kosmischen Physik vorgetragenen wesentlich darin, dass wir dem Geyserrohr jede Mitwirkung zur Erwärmung abnehmen; dass wir das überhitzte W. durch enge Canäle ununterbrochen aus dem Innern der Erde zutreten lassen, u. die Dampfbildung bloss durch die Beimischung einer genügenden Menge überhitzten Wassers erklären, endlich, dass wir die Erscheinung der Intermission durch die Gegenwart eines weitern Geyserrohrs erklären. Ohne ein solches Rohr würde eine beständige Dampfentwicklung stattfinden, wie denn auch solche Qu. genugsam vorhanden sind."

Wir haben in Bezug auf diese Mohr'sche Theorie darauf aufmerksam zu machen, dass in dem Aufsatze von Bunsen, den Mohr nicht vor Augen hatte, die Erhitzung des Rohres nicht als ganz alleinige Ursache der Eruption angesehen wird u. dass Bunsen durch den Versuch bewiesen hat, dass die tiefern W.-Schichten des Rohres nicht daran Theil nehmen. (S. oben.)

Beim Strokkr sind die Verhältnisse, wodurch die Eruptionen eingeleitet werden, etwas anders als beim Geyser. Die ganze W.-Masse ist fortwährend in heftigem Sieden begriffen u. fast durchweg von gleicher Temperatur, was den untern engern Theil des Rohrs betrifft (0,35—4,65 M. vom Boden zwischen 113°7—114°2) u. zeigt bei der Eruption (die bis zu 48,7 M. Höhe geht) selbst auf dem Boden 115°. Das entspricht dem Siedepunkte einer unter 16,5 M. W.-Höhe befindlichen W.-Masse (114°). Der berechnete Druck (15,5 M.) kommt damit ziemlich überein, wenn man sich den untern engen Kanal bis zu 4,65 M. mit zuströmendem Dampfe erfüllt denkt. Dagegen entspricht der Siedepunkt der W.-Schichten in dem obern weiten Theile (bei 6,2 M. vom Boden 109°3, bei 8,8 M. 99°) dem auf denselben lastenden

Drucke. »Man kann daher nicht daran zweifeln, dass der untere enge Theil des Strokkrtrichters von einem empordringenden Dampfstrahl erfüllt ist, der die in verschiedenen Höhen sich gleichbleibende Temperatur an dieser Stelle bedingt, während das im obern Trichter von diesem Dampfstrahle getragene W. durch denselben fortwährend im Kochen erhalten wird.«

»Die Kraft aber, welche die periodischen grossen Eruptionen bedingt, muss in grössern für direkte Versuche unzugänglichen Tiefen ihren Sitz haben. Es lässt sich diess schon aus dem Umstande folgern, dass, wenn man den Dampfcanal durch Erde, Steine u. Rasen verstopft, nach 20—30 Minuten eine grosse Eruption erfolgt, welche die Verstopfung des Canals fortschleudert, u. nachdem sie zuerst das schlammige W. des Trichters ausgeworfen, krystallhelle W.-Strahlen oft an 57 Meter emportreibt. Dass diese demnach unterhalb des allein noch den Messungen zugänglichen Dampfcanals hervorbrechenden Eruptionen durch eine dem Geiserapparat ganz ähnliche Vorrichtung periodisch in Thätigkeit gesetzt werden können, leuchtet von selbst ein, wenn man erwägt, dass die Bedingungen der an dem obern Theile dieses unterirdischen Apparats nöthigen Abkühlung des W. durch den dort stattfindenden Verdampfungsprozess selbst gegeben sind. Allein auf den Mechanismus eines solchen Apparats näher einzugehen halte ich um so mehr für überflüssig, als eine solche Betrachtung auf Annahmen führen würde, die sich nicht — wie bei dem grossen Geysir — durch direkte Messungen beweisen lassen.« (Bunsen.)

§. 53. Gase als Triebkraft von Quellwässern.

In devexo fluit; aliquando in adversum spiritu impellitur; tunc cogitur non fluit.
Seneca.

Die Ansicht, dass gewisse Qu. durch die Kraft der Gase zum Vorschein kämen, war im Alterthume sehr beliebt. Ausser bei Seneca findet man sie auch bei Plinius ausgesprochen. „Aqua in summa juga spiritu acta et (terrae, wie Lipsius wohl unnöthigerweise einschiebt) pondere expressa syphonis modo emicat." (II, c. 65.) Vitruv (VIII, 3) glaubte, dass die Qu., welche zu kochen schienen, ohne warm zu sein, also die Gas entwickelnden, durch solche Spiritus in die Höhe geführt würden, die sich aus dem Zusammentreffen des Feuers mit dem W. erzeugt hätten. Die durch enge Kanäle vermöge der Gewalt der Gase bis zur Spitze von Hügeln hervorgetriebenen W. sänken aber zurück, wenn die Kanäle erweitert würden, gleichwie auch in einem bedeckten Gefässe aufwallendes W. zurücksinke, wenn der Deckel abgehoben werde.

Die unterirdisch angesammelten Gase zeigen zuweilen eine bedeutende Spannkraft, ein Umstand, an den zur Erklärung der Hebung des Wassers durch Gase vorab erinnert werden muss.

Folgende Beobachtungen machte man bei der Anlage eines Brunnens am Dorfe Vergougnou (Haute-Loire). So oft man auf eine Sandschicht kam, kündigte sie sich durch das Pfeifen des hervorströmenden Gases an. In der Tiefe war dieses Pfeifen stärker. Die Terrain-Decke über der permeablen Schichte hob sich von selbst auf u. es sah aus, als ob man einen Felsen mit Pulver gesprengt hätte; so los war der Fels durch die Gas-Entwicklung geworden, dass die Arbeiter bis an die Kniee einfielen. Die letzte unheilvolle Explosion, welche die weitere Aushöhlung des Brunnens verhinderte, fand in einer Tiefe von 200 Metern statt, wobei das Geräusch des Gases stärker als das Pfeifen der stärksten Lokomotive war. Der Grund

des Brunnens hob sich von selbst um 22 Meter. Berücksichtigt man den Widerstand des gehobenen Terrains, so findet man, dass der Gasdruck mehr als 31 Kil. auf jeden Quadratcentimeter betrug. Wenn eine solche Expansivkraft des Gases sich in 200 M. Tiefe bei etwa 20° bilden konnte, wie hoch mag die Spannung der Gase in 2000—2500 Met. Tiefe, der Ursprungsstätte der M.W. werden können! Dabei ist freilich zu bemerken, dass über den gespannten Gasen eine um so grössere Masse der Erde ruht, je tiefer sie liegen u. dass dieser Gasdruck also um so weniger offenbar werdende Qu. hervorbringen wird.

Die Steigerung der W.-Ergiebigkeit einiger intermittirenden oder remittirenden Quellen scheint von einem zeitweiligen Ausströmen von gemeiner Luft verursacht zu werden; vielleicht ist dies Luft, welche durch die tellurische Wärme aus dem in die Erde hineingegangenen W. ausgetrieben wird u. sich ansammelt, bis sie die über ihr stehende W.-Säule überwinden u. auswerfen kann. *)

Schon Saxo Grammaticus (Dania, praef.) erklärte die intermittirenden Qu. Norwegens dadurch, dass er in der Erde befindliche Ansammlungen von W. annahm, das, wenn viel Gas in der Erde sich angesammelt habe, hervorgetrieben würde, ausser der Zeit aber zurückginge.

Die Qu. von Pontarlier (Doubs) dringt aus Kiesboden hervor, an den tiefsten Stellen fortwährend, an den höchsten mit Unterbrechung, wo sie dann alle 2—3 (6?) Min. mit Gasentwicklung zu- u. abnimmt. Nach Paramelle steht die Qu. von Touillon (wohl Bouillon) bei Pontarlier ¾ St. ganz trocken u. fliesst 10 Minuten. — Die Qu. der Abtei Haute-Combe in Savoyen, 127 Meter über dem See von Bourges gelegen, fällt winkelrecht aus einem 0,35 M. breiten Kanale, dessen Wände stark inkrustirt sind. Die Intermissionen von einer Ergiessung zur andern dauern bei gewöhnlicher Witterung 20 Min. (Andere geben 5—6 an); bei grosser Trockenheit werden sie etwas länger. Wenn das W. in den Kanal steigt, so hört man im Innern des Berges ein dumpfes Geräusch, das durch die vertriebene Luft hervorgebracht wird, welche beim Aufhören des Fliessens unter einem saugenden Tone eindringt. — Die kalte Schwellqu. der Biharer Gespannschaft zeigt periodische Ausbrüche, die sehr häufig zwischen Weihnachten u. der Mitte des Sommers, selten in die zweite Jahreshälfte fallen. Die sonst ruhige Qu. wirft in diesen Ausbrüchen, denen ein unterirdisches Brausen vorausgeht, sehr beträchtliche W.-Massen aus, die zuweilen an 50 Eimer, zuweilen aber viel mehr betragen. Solcher Ausbrüche kommen auf Einen Tag mehrere. — Die aussetzende Qu. von Barmoor Clough, 6 Ml. von Buxton, ist vom Regen abhängig; bei sehr trocknem Wetter kann sie 2—4 Wochen aussetzen; zuweilen thut sie dies nur einmal in 12 Stunden, andere Male stündlich oder zwei- bis dreimal stündlich. Kommt sie zurück, so fliesst sie anfangs schwach, nach 1 Min. schon stark mit gurgelndem Geräusche aus verschiedenen Oeffnungen an der Seite des Pfuhls u. dann oft stark genug um eine Kornmühle zu treiben. Während 4½ Min. fliessen jede Min. 23 Oxhoft Wasser.

Michaux führt mehrere Qu. an, die er zu Dixon-Spring u. zu Northwill in der Provinz Tennessee sah, deren Ergiessung von einem starken Luftzuge begleitet ist. Welcher Art war diese Luft? — Auch in den Bergwerken stösst man zuweilen auf dergleichen mit einem Luftstrome verbundene W.-Ergiessungen.

Die Kohlensäure als Triebkraft. Die Theorie der communicirenden Röhren ist ohne Zweifel richtig für viele aus der Tiefe hervorkommende Qu.; denn der Gegendruck des W. bleibt für diejenigen Qu., welche

*) In den Eruptions-Gesteinen, wo es nur Spalten, Gänge u. Adern gibt, bemerkt man selten die volle Intermittenz, dagegen häufig dort, wo die M.W. an Tag kommen auf Wegen, die man ihnen durch geschichtete Formationen gebahnt hat, worin permeable u. inpermeable Terrains abwechseln. Die permeablen Schichten sind gewissermaassen Ausweitungen oder bedeutende Höhlen des Ausflusskanales, in denen sich in Folge der Inpermeabilität der Decke u. der Wände der Höhle successiv W. u. Gas ansammelt. (*François.)

nicht einfach unter der Erde abwärts fliessen oder wie die isländischen Thermen durch Dampf auftreiben u. welche keinen besondern Reichthum an Luft enthalten, fast das einzig mögliche Movens. Bei den Säuerlingen tritt aber ein neues Hülfsmittel der Bewegung mit der Kohlensäure ein, welches entweder allein oder bis zu einem gewissen Punkte vom hydrostatischen Gegendruck unterstützt den Auftrieb veranlasst. Dass dieser Gegendruck öfters nicht ausreicht, das W. bis an die Oberfläche zu bringen, zeigt sich darin, dass die erbohrten Quellen, wovon hier zunächst die Rede ist, nach dem Anbohren in einer gewissen Tiefe stehen bleiben oder auch wohl auf Anlass gewisser Umstände darauf zurücksinken u. dort so lange verweilen, bis eine neue Triebkraft wieder ins Mittel tritt. Dann steigt das W. dieser Quellen mit vielen Gasblasen vermengt, zu weissem Schaum verwandelt, aufs Neue in die Höhe. Nichts liegt näher, als dem leichtern Elemente dieses innigen Gemenges von Luft u. W. die Rolle des Trägers für das schwerere zuzulegen. Zeigt doch dasselbe Phänomen eine eben geöffnete Champagnerflasche, aus deren Mündung die frei werdende Kohlensäure das edle Nass in Schaumform entführt. So sollen nun nach der Vorstellung einiger Physiker *) auch in den Bohrbrunnen, wobei Eruptionen vorkommen oder welche beständige Sprudel bilden, die entwickelten Gasblasen »wie die Knoten einer Paternosterschnur« das W. nach oben reissen. Bei dieser Theorie kommt es darauf an, zu beweisen, dass eine dem Gas eigene Triebkraft existirt, dass sie ausreicht u. dass alle Umstände mit der Theorie in Einklang sind.

Dass diese Triebkraft existirt, ist nicht zu bezweifeln, 1.) weil ohne sie das Hinüberkommen des W. über eine gewisse Höhe, worauf es von Anfang an steht oder durch Umstände zurückfällt, unmöglich erscheint, 2.) weil das der Absorption sich entziehende Gas nothwendig einen Trieb nach oben veranlassen muss. Der erste Grund hat wenigstens für diejenigen erbohrten Sauer-W. Gültigkeit, welche Eruptionen bilden können; der zweite gilt auch für continuirliche Sprudel.

Wie bedeutend die Spannung der Kohlensäure selbst bei natürlichen Sauerwässern sein kann, haben wir schon gesehen. Cf. Hydro-Chemie §. 10.

Gehen wir zunächst auf die Eruptionen ein, deren Erzeugung sich durch das Experiment nachweisen lässt.

Ludwig beschrieb (3. Bericht der Wetterauer Gesellschaft) einen Apparat, der das Spiel des Nauheimer Sprudels versinnlichen soll. Auch Bromeis suchte die Theorie durch die Anwendung eines Apparates, den ich hier kurz beschreiben will, experimentell zu beweisen. Ein zur Hälfte mit W. gefüllter Säureballon, der 3 Pfund Kreide in grossen Stücken enthält u.

---

*) Schon in einem 1826 erschienenen Schriftchen von Struve wird die Kohlensäure als Triebkraft erwähnt. „Sind die Ausgänge für die CO^2 nicht im Verhältnisse zu der Menge, die in jedem Augenblicke entstehet, so wird das Gas comprimirt, das W. wird davon so viel aufnehmen, als es der Höhe der Compression, seiner Temperatur nach, u. s. w. aufzunehmen fähig ist; die comprimirte Kohlensäure wird das W. nöthigen in die Höhe zu steigen, u. die Gebirgsarten durchdringend sich den Weg zur Oberfläche der Erde zu bahnen." Auch Boulanger vertheidigte die Meinung, dass gewisse Qu. durch die Luft in die Höhe gebracht würden (Stat. géol. de l'Allier; 1844). Er dachte dabei wohl vorzüglich an die Kohlensäure.

worin verdünnte Salzsäure aus einem andern Gefässe einfliessen kann, ist das Hauptstück dieses Apparates. Die den Ballon verschliessende Fassung lässt 3 Glasröhren hineintreten, wovon eine für die zufliessende Säure unter W. mündet. Eine zweite zollweite, 8′ hohe Röhre läuft mit dem obern Ende in ein $2^1/_2$′ im Durchmesser haltendes flaches Blechgefäss aus, das durch ein Stativ getragen wird; auch sie reicht mit dem unteren Ende bis in das W. des Ballons. Eine kleinere dritte Röhre vermittelt den Austritt der im Ballon im Anfange des Versuches noch befindlichen atmosphärischen Luft u. wird später geschlossen. Beginnt die Entwicklung der Kohlensäure, u. das Anschwellen des W. durch die Gasblasen, so presst sie das gebildete Sauerwasser hinaus u. die stark moussirende Flüssigkeit wird 6—9′ in die Höhe geworfen. Es folgen dann noch ein paar Eruptionen nach, bis das W. oder das Gas nicht mehr dazu ausreicht.

In ähnlicher Weise hat man sich nun den Vorgang auch in den wenigen erbohrten Sprudeln zu denken, welche Eruptionen bilden.

Die Sauerwasser-Sprudel zeigen ein verschiedenes Verhalten; entweder geht ihr W.-Strom beständig wenige Zoll oder viele Fuss über die Bohrteichel hinaus oder sie haben keinen beständigen Abfluss. Nicht selten zeigen solche Brunnen auch ein periodisches Anschwellen u. Aufwogen mit verstärkter Gasentwickelung, welches mehr oder minder regelmässig wiederkehrt u. eine kürzere oder längere Zeit andauert. Diese Fluth-Erscheinungen sind im Grunde nicht wesentlich verschieden von den Eruptionen, welche aber viel bedeutendere Höhen erreichen. Der Kissinger Riesensprudel sendet bei seinen Eruptionen einen gegen 75′ hohen Strahl von etwa 100 K.F. W. per Minute in die Luft. Andere derartige Sprudel gehen nicht so hoch. Die Höhe hängt viel von der Enge des Mundstückes ab. Die meisten erbohrten Kohlensäure-Sprudel sind nicht zu Eruptionen geeignet. Die eruptiven oder beständigen Ausbrüche eines schäumigen Wassers bilden ein sehr anziehendes Schauspiel. Sowohl bei den Eruptionen u. Fluthen, als beim continuirlich sich gleichbleibenden Ausflusse wirkt die Kohlensäure-Entwicklung als Triebkraft mit; am wenigsten bei dem continuirlich abfliessenden Wasser.

Nicht alles Gas, welches gleichzeitig mit dem W. ans Tageslicht tritt, kann unter einem einfachen atmosphärischen Drucke, oder unter etwas mehr Druck als jener beträgt, in Absorption bleiben, besonders wenn das W., wie bei mehreren Bohrbrunnen warm u. salzig ist. Schon ein salzloses W. hält bei 20° nur 0,9 Volumen unter 760 Millimeter Druck an sich. Bromeis fand aber, dass, wenn der Druck von 2,5 Atmosphären genügte, um eine bestimmte Gasmenge bei 19°4 absorbirt zu halten, ein Druck von 3,273 Atmosphären nöthig war, um dies bei 37°5 zu thun. An der Mündung dieser Thermen, wovon hier Rede ist, ist also ein Freiwerden alles des Gases nöthig, dessen Spannung grösser ist als der Gegendruck einer Atmosphäre. Das Freiwerden von Gas fängt aber schon mehr oder weniger tief unter der Oberfläche an, nämlich an dem Punkte, wo der hydrostatische u. atmosphärische Druck unzureichend wird, um das Gas, welches in grösserer Tiefe der Wärme u. dem Salzgehalte gemäss absorbirt bleiben konnte, noch absorbirt zu halten. Unter dem Drucke von 4 Atmosphären (96′ unter dem Wasserspiegel) konnte etwa doppelt so viel Gas absorbirt bleiben als unter 2 Atmosphären (32′ unter

dem Wasserspiegel). Ist die Wassersäule mit Gasblasen vermengt, so wird schon eine grössere Säule nöthig um das Gas absorbirt zu halten, als wenn sie aus blossem W. (oder Salzwasser) bestände. Wo der Punkt liege, an dem diese Gasentbindung beginnt, würde demnach selbst dann schwer zu berechnen sein, wenn man wüsste, wie viel Gas u. wie viel W. aus der Mündung ausströmt, ein Verhältniss, welches meistens unbekannt ist. Bei der Rehmer, als klarer Schaum brodelnd überfliessenden Soole, die keine Eruptionen macht u. beständig ausfliesst, ist nach Bischofs Berechnung die Kohlensäure schon bei 2,08 Fuss = 0,65 Meter unter der Oberfläche noch vollkommen gebunden, wogegen man ungefähr berechnen kann, dass in Nauheim zuweilen etwa in einer Tiefe von 100′ (beim Friedrich-Wilhelm-Sprudel erst in 64 M. Tiefe, ja wenn man bedenkt, dass die Soole, welche das Rohr ausfüllt, schon zu Schaum von nur geringem spez. Gewichte geworden, vielleicht in 500′ Tiefe) erst diese Entwickelung von Gas anfängt. Schöpfte man mit einem gussmessingenen Cylinder, von ³/₄″ dicker Wandung in 600′ Tiefe aus einer Nauheimer Qu. W. u. brachte dies an die Oberfläche, so ging das entfesselte Gas durch die Poren des Metalls. Es kann nicht wundern, dass im Rehmer Bohrbrunnen die schwächer vertretene Kohlensäure nur ein Schäumen u. keine Eruptionen hervorbringt, während sie zu Nauheim, wo sie in viel grösserer Tiefe frei wird, Sprudel von 16—43, ja bis 56′ Höhe erzeugen kann. Die wärmern, salzreichern Qu. zu Nauheim, in denen das Gas mehr Anlass findet, frei zu werden, haben auch die meiste Sprungkraft; je stärker die Sprungkraft, desto schaumartiger u. inniger ist die Mischung von W. u. Gas.

Auch ohne dass die Gasbläschen mechanisch das W. eruptionsweise hervorstossen, befördert die Verwandlung des W. zu Schaum oder zu einer mit Gasblasen vermischten Flüssigkeit (insofern diese nicht relativ zu gross zum Lichte der Röhren werden, wo sie ein grosses Hinderniss der Fortbewegung darstellen würden) das continuirliche Herauskommen der Soole. Denn, wenn das hydrostatische Gegengewicht nicht ausreicht, eine spezifisch schwere Soole ohne Gasentwicklung zum Ausfluss zu bringen, so kann es dies wohl, wenn der Ausflussschenkel der communicirenden Röhre statt mit W. mit leichtem Schaum gefüllt ist.

Die Kraft u. die Geschwindigkeit, womit das W. solcher Bohrbrunnen ausströmt, werden von der relativen Menge u. Geschwindigkeit des aufsteigenden Gases u. dem Grade seiner Vertheilung bedingt.

Nach Ludwigs Angaben berechnet Beneke die spontane CO^2 des Kissinger Soolsprudels zu 30737 K.F. täglich; wonach die Soole also vom doppelten Volumen CO^2 begleitet sein würde.

Der Homburger Soolsprudel strömt in 1 Stunde 560 K.F. CO^2 aus.

An einer ältern Nauheimer Qu. hat Bunsen die spontane CO^2 zu 1,19 Vol. vom W. gefunden. Nach Schreibers Schätzung gibt der dortige kleine Sprudel ein gleiches Volumen, der grosse Sprudel das anderthalbfache, der Friedrich-Wilhelm-Sprudel das doppelte Vol. CO^2. Als noch V die reichste der Nauheimer Soolen war, berechnete Bromeis aus dem Gehalte der andern Qu. unter der Voraussetzung, dass diese mit Tages-W. verdünntes Sool-W. seien, die ihnen nach dieser Annahme zukommende Temperatur; die Rechnung trifft ziemlich genau mit der Wirklichkeit ein. Ludwig setzt ebenfalls als sicher voraus, dass die Mischung aller Nauheimer Quellen, ausgenommen die Verdünnung mit Meteor-M., die gleiche

sei; die ausströmende Soolmasse der Quellen enthält nach dieser Annahme einen berechenbaren Antheil reiner Soole, deren Mischung der Friedrich-Wilhelm-Sprudel darstellt. Diese reine Soole nimmt immer einen gleichen Antheil Kohlensäure mit, welche theils bei 1 Atmosphärendruck im W. bleibt (die von den Chemikern gefundene sog. freie CO^2), theils an der Mündung der Qu. frei wird. Die freigewordene beträgt so viel als die ursprünglich mitgenommene, minus der sog. freien. Weil man bei No. V weiss, wie viel der Quellmündung entströmt (16,6 K.F. bei 33° auf 12,6 K.F. Soole), so weiss man auch, wie viele Vol. CO^2 der reinen Soole (nämlich 2,395 Vol. bei 38°7) u. also auch allen Quellen mit verdünnter Soole zukommen u. in der Minute mit dem W. ausströmen; also weiss man auch, wie viel Schaum dem Mundloche entströmt u. mit welcher Geschwindigkeit. Diese beträgt bei V 5,66′, bei XXI 2,69′, bei VII 16,78′, bei XII 45,22′ per Secunde. Der Geschwindigkeit entspricht nun auch ungefähr die Steigkraft der genannten Quellen (2,5′, ca. 1′, 9′, 41′). Bromeis berechnet, dass die Geschwindigkeit, mit welcher das W. des Nauheimer grossen Soolsprudels ausfliesst, grösser ist als 7′ 4″ per Secunde. Schwere Bleicylinder sinken in diesem Strome nicht unter, sondern werden ausgeworfen. Soll eine Sonde in das Bohrloch versenkt werden, so muss sie mit mehreren Centnern Gewicht belastet sein. — Aus dem 4″ weiten Bohrloche des Kissinger Soolensprudels treiben in 1 Min. 40 K.F. W., in der Secunde also 1151 K.Z.; die Geschwindigkeit ist also 7,6 F. — Die Soole von Rehme kommt mit einer Geschwindigkeit von 11 F. aus einem Bohrloche u. durchläuft eine Tiefe von 2220′ in 3⅓ Minute; diese bleibt aber noch bedeutend unter derjenigen, die ein freifallender Körper in der ersten Secunde des Fallens hat (15⅝′).*) Jedes Vol. Rehmer Soole soll nur 470 Z.T. Vol. spontaner CO^2 mitführen (Bischofs Geol.), was jedoch wohl sicher zu niedrig geschätzt ist; die Soole kommt ja stark schäumend hervor.

Die wesentliche Mitwirkung des Gases bei den Ausflüssen der Nauheimer u. Kissinger Sprudel zeigt sich am besten durch den Umstand, dass, wenn sie unter gewissen Verhältnissen wegfällt, dann das W. nur bis zu einem bestimmten Punkte im Rohre aufsteigt.

Jede Störung der Kohlensäure-Entwickelung, sei sie veranlasst durch zutretendes gasfreies W. (Wildwasser, entgaste vergossene Soole), oder durch ein solches Verstopfen der Quelle, dass nur Gas entweicht — wobei also entgastes W. im Quellrohr zurückbleibend die Druckverhältnisse ändert; oder durch zu grosse Verengerung der Ausflussöffnung, wodurch ein ähnliches Zurückhalten entgasten Wassers oder eine zu geringe Förderung in der Tiefe zuströmenden gasarmen Wassers erfolgt **); eine jede solche Störung beeinträchtigt oder

---

*) Um die Geschwindigkeit der CO^2-Blasen beim Aufsteigen kennen zu lernen, machte Bischof Versuche in Röhren von 68—223 par. Zoll Höhe. Die Blasen stiegen in 1 Secunde 9—11 par. Zoll u. zwar die grössern schneller als die kleinern. Diese mit einer stehenden W.-Säule ausgeführten Versuche können uns wenig Aufklärung für die Verhältnisse bei einer bewegten W.-Masse geben. Thrémin hat durch Rechnung gefunden, dass die Steighöhen der Luftblasen in gleichen Zeiten sich verhalten, wie ihre Volumina u. dass die Quadrate der Zeiten für gleiche Steighöhen im umgekehrten Verhältnisse zum Volumen stehen.

**) Zu Nauheim wünschte man, die Eruptionen zu beseitigen, weil sie für den Badebetrieb hinderlich waren; es gelang dies durch das Einhängen eines 0,3 weiten, 10¼ F. langen Blechrohrs, wodurch das Ausfliessen jetzt constant vor sich geht. Die Ausflussmenge wird durch Verengung des obern Theiles der Steigröhren nach bestimmten Verhältnissen bedeutend vermehrt. Die Eruptionen sind unabhängig von der Menge des ausfliessenden Wassers. Die Länge der Einsatzröhre, welche das beste Resultat herbeiführt, zeigt an, von wo an die Kohlensäure das einzige Movens abgibt.

vernichtet das Spiel des Sprudels. Tritt gasfreies W. ins Quellenrohr, so dauert die Unterbrechung so lange bis dieses mit Gas beladen ist oder durch die Pumpe entfernt ist. Ist ein solcher Zufluss beständig, so muss die Verröhrung so eingerichtet werden, dass er fern gehalten wird u. nicht wie eine träge Masse keilartig die Triebkraft der W.-Säule abschneidet. Das Ausbleiben der grossen continuirlichen Sprudel zu Nauheim, welches von Zeit zu Zeit das Bad alarmirt, beruht meistens auf den Zutritt wilden W. ins Bohrloch. Wenn nicht genug von der gasreichen Flüssigkeit unten einströmt um das Sprudeln zu unterhalten u. dann das sich zugesellende Wildwasser (oder verdünnte Soole) die freiwerdende Kohlensäure absorbirt, so ist das Sprudeln so lange unterbrochen bis die Gasquelle wieder das Uebergewicht hat. In einer zu weiten Röhre vereinigen sich die Gasbläschen leicht zu grössern, die weniger Oberfläche haben, womit sie das W. nach oben heben können; dadurch kommt eine Stockung u. ein Mangel von Zufluss neuer gasreicher Soole u. damit ein Stillstand des Sprudels zuwege. Verstopft man das Mundloch der Röhre, so sammelt sich auch ein W. im Steigrohr an, worin der Schaum sich zu grossen Blasen vereinigt hat, wodurch die Triebkraft verringert ist; die Qu. sinkt dann in sich zusammen. (Aehnlich wirkt die Erhöhung der Einsatzröhre.) Sobald die Pumpe die schaumlose Flüssigkeit fortschafft u. eine neue bewegte gasreiche Soole ins Bohrloch bringt, fängt der Sprudel wieder aufs Neue an. Will man den Kissinger Riesensprudel zur Ruhe bringen, so treibt man ein Säckchen mit Thon an einem mehrere hundert Fuss langen Gestänge in das Bohrloch ein. Der Sprudel verschwindet dann, indem alle Gasentwickelung aufhört. Der Thonpfropfen wird danach entfernt u. das Bohrloch füllt sich bis an den Rand mit Soole der obern Gebirgsschicht, aus welcher 6—10 Tage hindurch keine Gasentwickelung erfolgt. Nach einiger Zeit sättigt sich die in dem Rohre stagnirende Soolsäule mit kohlensaurem Gase, indem die tiefern u. höhern Schichten der W.-Säule sich mischen. Nachdem diese Durchdringung so weit gediehen, dass in den oberen Regionen des Bohrlochs eine Gasentwickelung stattfinden kann, schäumt das Bohrloch anfangs schwach über, bis die Qu. nach Verlauf von 20—24 Stunden ihren höchsten Gasreichthum erlangt. Nach einem solchen Verstopfen verstreicht aber gewöhnlich, wie gesagt, ein Zeitraum von 6—10 Tagen, bis sich die erste Kohlensäure-Entbindung wieder zeigt; so lange Zeit bedarf es also bis sich die Flüssigkeiten im Bohrloche mischen. *) Der Homburger Soolsprudel steigt nicht beständig in die Höhe, sondern nur, nachdem er durch die Pumpe in Bewegung gesetzt, beginnt der 10′ hohe Sprudel, dessen Bohrloch 20′ über dem hydrostatischen Niveau der übrigen Qu. liegt, hört aber wieder auf, wenn das um den Schacht herum einsinkende Tagewasser so weit hinabgesunken ist, dass es in die untere Oeffnung der Röhre eindringt; eine Abdämmung des wilden W. ist hier unmöglich. Die meisten andern genannten Sprudel sind beständig.

*) Bleibt der Sprudel länger aus als man wünscht, dann lässt man über den Schacht u. über die Mündung des Bohrlochs hinweg einen raschen Strom Flusswasser gehen u. nach 2—3 Tagen soll dann die Quelle erscheinen. Ludwig denkt sich, dass der oberflächliche Strom Wasserfäden aus dem Bohrloche mitreisse u. dadurch in der Qu. ein Bestreben zum Aufwärtssteigen erwecke.

Die Sprunghöhe der Sprudel ist zum Theil vom Barometer abhängig; sie können als umgekehrte Barometer angesehen werden. Je stärker die Luft auf der Oberfläche des W. lastet, desto näher der Oeffnung wird das Gas erst frei u. desto weniger Soole liefern sie.

Unter den Homburger u. Nauheimer Sprudeln gibt es welche, die früher periodisch anschwollen oder es auch noch thun. Man ist jetzt abgegangen von der Theorie, dass eine innere sich mit Gas nach u. nach anfüllende u. dann nach unten in den Quellenweg sich plötzlich entleerende Höhle die Ursache dieser Intermittenz sei *), denn das plötzliche Eintreten oder Ausbleiben nach Aenderungen an den Röhren oder nach nahen Bohrungen vertrug sich nicht damit. Die Intermission lässt sich auch aus einer Unterbrechung der Gasentwicklung erklären. Auch andere Sprudel u. Sauerwässer, besonders solche, die durch Röhren aufsteigen, zeigen Erscheinungen von Ebbe u. Fluth.

Das Sprudeln hört für immer auf, wenn die Verrostung der Röhren das Wildwasser frei eintreten lässt, oder wenn andere Brunnen die gasreiche Soole ableiten. **)

Wir wollen die bekanntesten intermittirenden Säuerlinge hier aufführen. Es sind meistens Bohrquellen.

Eine Bohrqu. zu Neuenahr von 80′ Tiefe nimmt sehr regelmässig ab u. zu; von einem Maximum des Ausflusses bis zum folgenden verfliessen 8 Min. 42 Secunden. Zur Zeit des Minimums fliesst das W. ruhig aus; bald nimmt aber die CO^2-Entwicklung u. mit ihr der Ausfluss des W. immer mehr zu, bis endlich zur Zeit des Maximums kopfgrosse Gasblasen in grosser Menge das W. mehrere Fuss hoch emporschleudern; das warme W. schäumt wie beim heftigsten Sieden u. Dampfwolken umhüllen dann das ganze Bassin. Diese Erscheinungen enden damit, dass nur noch einzelne, weit vom Bohrloche ab hörbare Stösse erfolgen, wodurch einzelne W.-Strahlen hoch hinaufschiessen. Setzt man eine enge Röhre auf das Bohrloch, so wird das W. mehr als 10 F. hoch getrieben. Täglich fliessen 2065 K.F. W. aus. Der Abfluss des W. beträgt zur Zeit der Fluth durchschnittlich 10 mal mehr als zur Ebbezeit. Die Intermittenz hört mit dem Tieferlegen des Ausflusses auf; Auspumpen erregt aber das Aufsprudeln.

Das W. steht nur etwa 1 F. über dem Spiegel des 300 F. entfernten Ahrflusses u. ist mit dem W. im Flusse in beschränkter Verbindung. Das Aufsteigen bei der Fluthzeit kann also nur die Wirkung der CO^2 sein.

Das W. enthielt, I in der Tiefe des Bohrlochs, II an der Oberfläche:

	I	II	
Absorbirte CO^2	28,983	11,653	Z.T. Gewicht
Zweitatomige CO^2	6,82		„ „
An Natron ganz gebundene CO^2	3,67		„ „

In der Tiefe ist also bei der Temperatur des W. 1,6675 Vol.
an der Oberfläche ,6704 „
vorhanden; also entwickelt sich während des Aufsteigens etwa 1 Vol. CO^2 (täglich 2065 K.F.).

Der Druck unten im Bohrloche beträgt 3,5 Atmosphären; unter diesem Drucke wird etwa 2,5 mal so viel CO^2 absorbirt werden können, als an der Oberfläche; es stimmt das mit dem Verhältnisse 1,6675 : 0,6704.

---

*) In einigen Fällen bildet aber doch die doppelte Verröhrung einen solchen Windkessel.

**) Vgl. *R. Ludwig Das kohlens. Gas in den Soolsprudeln von Nauheim u. Kissingen u. die von ihm abhängigen Erscheinungen; 1856. *J. Hoffmann Homb. Heilqu. 1856. *C. Bromeis Ueb. äuss. u. inn. Verhältn. der gasreichen Thermen zu Nauheim. Diss. Marb. 1851. *Erlenmeyer Das zeitweilige Ausbleiben des grossen Sprudels zu Nauheim in Baln. Ztg. III.

Das Volumen der aufsteigenden Gasblasen vermehrt sich dem hydrostatischen Druck entsprechend. Je 8 F. Wasser mehr oder weniger bilden 1/4 Atmosphäre Unterschied. Der Umfang der sich entwickelnden Gasbläschen steigt von 72 F. unter dem W.-Spiegel bis zu 8 F. von 0,308 auf 0,8 Vol..

Die Zeit, welche von einem Maximum des Fliessens bis zum andern verstreicht, kommt mit der Zeit, innerhalb welcher sich das W. im Bohrloche erneuert, überein. (Bischof Geol. I, 1864.)

Dem 20° warmen, aus einer Bohrtiefe von fast 300 F. hervordringenden Kissinger Soolsäuerlinge ist ein periodisches Steigen u. Versinken eigen, was mit einem dumpfen, entfernten Kanonenschlägen ähnlichen Geräusche u. einer mächtigen Ausströmung von kohlensaurem Gas verbunden ist. Osann sah dieses Aufsteigen innerhalb 24 Stunden 10mal, Andere nur 5mal. Die Qu. blieb dabei gewöhnlich 3/4 Stunden, auch wohl mehrere Stunden, einmal 3/4 Tag (1823) aus. Anfänglich erschien diese Ebbe u. Fluth sehr unregelmässig, während der letztern Jahre dagegen mehr in bestimmten Zeitabschnitten, u. zwar, wie *Maass (1830) angibt, so, dass jedesmal nach ungefähr 2 Stunden einige unterirdische Schläge zu hören waren, welchen unverzüglich ein Sinken der W.-Säule folgte, die binnen 15 Minuten an 15' tief zurücktrat, dann sogleich von neuem zu steigen anfing, bis ihr Spiegel in 1/2 Stunde den ursprünglichen Höhestand wieder erreichte. Nach *Balling (1851) stieg u. fiel die Qu. damals täglich 6—8mal, auch wohl 9mal, blieb 2—3 Stunden gewöhnlich auf gleicher Höhe, während sie zum Zurücksinken u. Steigen 3/4—1 St. bedurfte. Auf das Steigen u. Fallen war es von Einfluss, ob die Gradirhäuser viel oder wenig Soole forderten. Nahmen sie eine grosse Menge Soole in Anspruch, so erfolgte dieser Wechsel rascher, u. umgekehrt. Das Intermittiren kann nämlich beim Kissinger Soolsprudel, dessen Schacht mit einer Glaskuppel bedeckt ist, gut beobachtet werden. So lange die Qu. oben ist, gewährt sie durch fortwährendes Brausen, Wallen, Wogen u. brandendes Schäumen ihrer Wellen ein sehr anziehendes Schauspiel.

*Ullersperger (1849) sagt Folgendes über dieses Phänomen: „Am 19. Juli 1822 blieb mit einem Male der starke Andrang, welcher bisher ununterbrochen (ein paar Wochen) fortgedauert hatte, 10 Min. lang ganz aus, nach deren Verlauf er sich wie bisher wieder ergoss. Die Arbeit wurde bis auf 323' Tiefe fortgesetzt. Während dieser Zeit vermehrte sich der Soolenzufluss, die periodischen Aussetzungen derselben stellten sich jedoch in sehr ungleichen Zeiträumen ein, zuweilen 4—6mal in 24 Stunden, zuweilen in 3 Tagen gar nicht.... Die Entwickelung einer Menge kohlensauren Gases u. das periodische Aussetzen des Zuflusses dauern nun sechs Jahre ununterbrochen fort, letzteres war früher sehr verschieden, oft mehrere Stunden anhaltend." In den 6 letzten Jahren soll nach *Rotureau's Bericht (1858) die Qu. durchschnittlich 857mal jährlich gestiegen sein, was aber nicht damit stimmt, dass die Dauer des Steigens 30—40 Minuten, die des Intermittirens 17—24 Minuten sein soll.

Etwas Aehnliches fand in dem von Kissingen nur 1 Meile entfernten Bocklet früher mehr als jetzt statt, ehe der Kohlensäure der jetzige freie Abfluss gestattet war. Die Qu. ist 10° warm u. reich an Kohlensäure. 1785 u. 1812 soll diese Ebbe u. Fluth alle 27—28 Stunden (die Fluth nach Sorg am stärksten im letzten Mondsviertel u. besonders beim Vollmonde) eingetreten sein. Bei der Fassung im Jahre 1785 sollen bei der Fluth kaum 8—10 Pumpen hingereicht haben das W. zu gewältigen, da doch zur Zeit der Ebbe eine einzige ausreichte. „Seit einiger Zeit" sagt *Haus (1831) „hat sich das Zu- u. Abströmen so geändert, dass nach meinen sehr häufig angestellten Beobachtungen vorzüglich an der Friedrichsqu. ein wahres Oscilliren Statt findet, denn der höchste Standpunkt dauert nur einige Minuten, nun fällt das W. schnell, bleibt ebenso nur einige Minuten in der Tiefe, u. steigt wieder mit Heftigkeit empor. An der Ludwigsqu. ist dies nicht so sichtbar: sie steigt nur um 1/2—1 Zoll in denselben Zwischenräumen u. mit der Friedrichsqu. ganz isochronisch."

Der Ludwigsbrunnen zu Homburg machte nach der zweiten Bohrung ungefähr alle Viertelstunde so bedeutende Aufwallungen, dass das W. jedesmal um 1 bis 3 Fuss über seine gewöhnliche Höhe gehoben wurde. Der (alte) Kaiserbrunnen daselbst zeigte in den beiden ersten Jahren seines Bestehens ebenfalls eine

periodische Bewegung. Das W. wallte gewöhnlich ziemlich regelmässig in Zwischenräumen von einer Stunde so heftig auf, dass die Oberfläche einer im höchsten Grade des Siedens begriffenen Flüssigkeit glich. Die Bewegung trat nach Verlauf der bestimmten Zeit allmälig wachsend ein u. erreichte auf der Höhe des Phänomens eine solche Gewalt, dass die W.-Masse bedeutend über ihren gewöhnlichen Spiegel stieg u. der Abzugskanal dieselbe nicht mehr fassen konnte. Später trat bei fortdauernd stark schäumender Bewegung der Oberfläche ein Aufhören des Wasserquellens ein; der Abfluss hörte für einige Zeit (20—25 Minuten) ganz auf u. am Schlusse trat die W.-Säule ziemlich schnell um 6—8 u. mehr Fuss zurück. Seit einigen Jahren hat diese Periodicität in den Erscheinungen abgenommen, was sich nur dadurch wohl erklären lässt, dass die unterirdische Höhle, welche als Condensator wirkte, eingesunken oder die Verbindung derselben mit dem Wasserkanale sich abgesperrt hat. (*Müller, Homb. Heilqu. 1848.) Ein anderer Beobachter beschreibt dieses Steigen in folgender Weise: „Bei den Bohrbrunnen zu Homburg (Kaiser- u. Ludwigsbrunnen) findet ein Heben u. Aufwallen des W. von Zeit zu Zeit Statt, wobei Schaumflocken u. W. über die kleinen Sprudelschalen weg geschleudert werden u. 10—15 Minuten zischend hervorgestossen werden. Dann wird wieder die Oberfläche ruhiger, das W. sinkt in dem Rohre oft bis zu mehreren Fuss Tiefe hinab, hebt sich dann langsam wieder, um nach 20—25 Minuten dieselbe Bewegung wieder zu beginnen.“ (Trapp Homburg; 1847.) Im J. 1844 intermittirte der Kaiserbrunnen bald alle 5—10 Minuten, bald waren die Intervalle 1 Stunde lang oder noch länger. Derselbe versiegte beim Verrosten der Röhre. Der daneben gebohrte neue Kaiserbrunnen intermittirt in ähnlicher Weise wie der erste. Der bis dahin ruhige Stahlbrunnen fing an für einige Wochen zu intermittiren, als in die verrostete Eisenröhre eine durchlöcherte Kupferröhre eingesetzt worden.

Beim Wiesenbrunnen zu Soden vermehrt sich in unregelmässigen Zwischenräumen von 4—10 Tagen der Auslauf unter gleichzeitigem stärkerm Wallen der aufsteigenden Gasblasen bis zu 5—6 Maass W. in einer Minute u. sinkt dann wieder bis auf 2,5 Maass zurück, indem die Gasausströmung dabei manchmal bis zum gänzlichen Verschwinden vermindert wird. (*Stiebel.)

Der Nauheimer Soolsprudel zeigte ein eigenthümliches Verhalten in seiner Steigkraft. Anfangs hatte er, als der erste durch das Auspumpen veranlasste Tumult nachliess, Intermissionen von 10 Minuten, wobei der Strahl 12—15′ hoch ging. Jetzt hat sich der Ausfluss geregelt u. der W.-Strahl geht nur 2—3′ über das Bohrloch, wenn aber eine Aufsteckröhre aufgesetzt wird, so treibt er 15—20′ hoch. Wird die Röhre dann entfernt, so sprudelt das W anfangs noch ruhig in seiner gewöhnlichen Höhe, dann folgen stärkere u. stärkere Stösse, wobei der Boden dröhnend wiederhallt u. erzittert. Ein jeder Stoss treibt das trüber gewordene W. höher u. höher, u. der Sprudel gleicht dann einer mächtigen Schaumpyramide. (*Bode, Nauh. 1845.)

„Während 35 Minuten sprudelt diese Qu. ruhig über, indem sie den perlenden Soolstrom gleichmässig 2 Fuss über die Steigröhre treibt. Dann beginnt sie lebhafter zu werden u. steigert in wenigen Secunden ihre Thätigkeit so, dass sie den ganzen Quellenschacht mit wogender u. dampfender Soole erfüllt u. ihren sprudelnden Inhalt 18—24 F. hoch spritzt. Dieser, kaum 30 Secunden dauernden Eruption folgen oft einige Secunden der Ruhe, indem die Soole um einige Fuss sinkt, dann strömt sie wieder wie früher gleichmässig über u. wiederholt nach 5 Minuten das eben beschriebene Spiel. Diese zweite Erschöpfung verlangt eine längere Ruhe, so dass die dritte Eruption erst nach 35 Minuten u. sofort beginnt. Die Ursache dieser Erscheinung liegt in der eigenthümlichen Verröhrung der Quelle. Da sie durch eine 7zöllige Röhre nicht ausfloss, senkte man durch diese eine 4zöllige bis zur Tiefe von 97′ hinein u. verschloss den Zwischenraum oben. Das in diesem 15 K.F. grossen Raum befindliche W. musste nach u. nach durch die sich in dieser Tiefe nur schwach entwickelnde Kohlensäure, die sich darin ansammelt, verdrängt u. somit um die ganze Röhre ein förmlicher Windkessel von 97′ Höhe gebildet werden. Hat nun das W. das Ende der Steigröhre erreicht, so treten aus diesem Gasbehälter einige grössere, die Röhre ganz ausfüllende Gasblasen in die Mündung der Röhre ein. In Folge des jetzt verminderten Drucks u. durch die von der Soole

fortdauernd ausgehauchte Kohlensäure vergrössern sich die Gasmassen schnell u. steigen rasch auf, so dass sie bald einen beträchtlichen Theil der ganzen Steigröhre ausfüllen. Durch diese plötzliche Ausdehnung der 100′ langen W.-Säule wird die Soole mit aller Gewalt emporgespritzt. Während der Eruption wird nun der Druck so vermindert, dass in einer Tiefe, in der vorher keine Gasentwicklung stattfinden konnte, jetzt eine sehr lebhafte, aber vorübergehende eintritt, wodurch die aus dem Windkessel entwichene Kohlensäure sehr rasch ersetzt wird. Das Spiel kann sich jetzt in viel kürzerer Zeit wiederholen. Nun aber kann die Gasentwicklung in der Tiefe nicht so lebhaft sein, weil sich die Soole bei der vorigen erschöpft hat. Daher die längere Ruhe; denn das schöne u. überraschende Schauspiel tritt erst wieder ein, wenn die erschöpfte Soole abgeflossen u. durch frische ersetzt ist. . . . Durch eine kleine Veränderung in der Steigröhre ist diese Erscheinung gänzlich verschwunden. Man wurde dazu veranlasst, weil die Eruptionen für die Gasbäder, zu denen die Qu. benutzt wurde, störend waren. Zudem hielt man durch die gewaltsamen Störungen die Existenz der Qu. für bedroht. Die besten Resultate erhielt man durch das Einsenken einer 10′ langen u. 3″ weiten Einsatzröhre. Von dieser Tiefe an muss also die gasförmige Kohlensäure allein als hebende Kraft wirken. Die sich entwickelnde Kohlensäure wird mehr zusammengehalten u. diese ist nun fähig, grössere Mengen Soole zwischen ihren Blasen mit in die Höhe zu schaffen. Dadurch wird der Druck, den die Flüssigkeitssäule ausübt, so vermehrt, dass in der Tiefe von 98′ keine Kohlensäureentwickelung mehr stattfinden kann. Das Ansammeln der Kohlensäure in dem hohlen Raum zwischen den beiden Röhren ist also verhindert u. somit die Veranlassung der Eruption beseitigt. Die Sprunghöhe aber hat sich dadurch auf 4½′ gesteigert.“ (Aus der Natur II, 1852.)

Die grosse Qu. von La Malou le Bas (Hérault), ein alkalisches Sauerwasser, wirft von Zeit zu Zeit ohne regelmässige Folge, mehrmals jährlich, einen Strom nicht respirablen Gases aus, der die Badenden aus dem Bassin treibt. Er ist gefolgt von einer grösseren Menge wärmern Wassers, das gelb gefärbt ist. Nach 10—12 Minuten stellt sich die alte Ordnung wieder ein. Bei dieser Revolution steigt das W. von 35° auf 45°.

Der durch Röhren geleitete Jaudebrunnen zu Clermont-Ferrand, welcher, nachdem er eine Weile ruhig geflossen ist, in ein ungeregeltes Aufschwellen geräth, intermittirt alle viertel bis alle Stunden für 1—2 Secunden.

Eine noch hierher gehörende Erscheinung beobachtete man 1840 in Frankreich. „Man musste dort auf einer Grube einen Schacht von 286 F. Tiefe wegen des grossen Wasserandranges so lange verlassen, bis stärkere Maschinen mit mächtigen Saugpumpen angeschafft waren. In dieser Zeit füllte sich der Schacht bis zu seiner Mündung. Alle Monate sah man dann sein W. in ein leichtes Zittern gerathen, dem nach wenigen Stunden eine sehr heftige u. geräuschvolle Aufregung der ganzen Masse folgte. Nun entwich eine grosse Menge Kohlensäure, u. dann erfolgte ein bedeutender Erguss von W., der nicht eher aufhörte, als bis der Schacht zu einer Tiefe von 32—48 F. geleert war. Das W. nahm seinen Ausfluss übrigens nicht aus der Mündung des Schachtes, sondern aus einer 13 Zoll weiten Röhre, die bis auf den Boden hinabreichte. Es bildete sich dabei ein Strahl von 35—40 F. Höhe, der mit sekundenlangen Unterbrechungen 15—20 Minuten aufschoss.“ (Stahl Wunder d. Wasserwelt; 1857.)

Inwieweit die Kohlensäure bei nicht erbohrten Sauerwässern als Triebkraft thätig ist, bedarf noch weiterer Untersuchungen. Die Krümmungen der Spalten, worin solche W. aufsteigen, veranlassen, dass das Gas sich zu grössern Blasen vereinigt, ehe es die Oberfläche erreicht. Grosse Blasen verringern nun zwar ebensowohl das spezifische Gewicht des Quellenstranges, den sie mit W. vermengt bilden, wie kleinere Blasen; aber sie eignen sich zum Vehikel des W., das sie nicht zu Schaum verwandeln, weniger, als die Gasbläschen. Die bei niederm Barometerstand verminderte Ergiebigkeit mehrerer natürlichen Sauer-W. deutet jedoch eine Mitwirkung der Kohlensäure beim Aufsteigen derselben an.

§. 54. Einfluss des wechselnden Gegendruckes der Luft auf die Ergiebigkeit von Sauerwässern.

Der Barometerstand hat bekanntlich auf die Bindung u. darum auch auf die Entwickelung von Gasen grossen Einfluss (cf. Hydro-Chemie §. 60) u. insofern das Freiwerden von Gasen als Auftrieb-Kraft des Wassers zu betrachten ist, wird es wohl erklärlich, dass ein ungewöhnlich starker (oder schwacher *) Luftdruck den Abfluss einer Qu. für einige Zeit sistiren kann. Einzelne Beobachtungen dieser Art an kalten (auch an nicht gebohrten) Säuerlingen scheinen nämlich darzuthun, dass die Kohlensäure eine gewöhnliche Triebkraft vieler dieser Qu. sei. Es ist übrigens noch zu bemerken, dass, insofern bei einem Quelllaufe in Form communicirender Röhren die Veränderungen des Luftdruckes gleichzeitig die absteigende Röhre betreffen, dieser Umstand die Wirkung jenes Wechsels auf die aufsteigende Röhre abschwächen muss.

Eine auffallende Beobachtung machte man zu Franzensbad. Am 10. Nov. 1859 hörte die so gasreiche Franzensqu. plötzlich auf zu fliessen u. zeigte kein Lebenszeichen mehr. Man brachte durch eine richtige, auf frühere Beobachtungen gestützte Vermuthung dieses Ausbleiben mit der schnellen Steigung des Barometers, der in 2 Tagen um 1 Zoll gestiegen war, in Verbindung. Am 12. Nov. nach 32-stündiger Ruhe u. bei 27″ 5‴ Bar. fing die Qu. dann auch wieder an zu laufen u. war am 14. Nov. bei 27″ 1‴ bis zu 4 Maass in 1 Min. gestiegen. Auch die dortige Salzqu. gab am 11. Nov. früh nur ein Drittel ihres gewöhnlichen Quantums, hatte aber auch am 14. Nov. früh schon wieder ihre vorige Stärke erlangt. In dieselbe Zeit fallen starke Stürme in der Ost- u. Nordsee, Ausbrüche des Vesuvs u. starke Gewitter im Norden Deutschlands.

Neulich hat Cartellieri die Quellen von Franzensbad in Bezug auf ihre Ergiebigkeit beim Wechsel des Luftdruckes zum Gegenstande interessanter Beobachtungen gemacht (*Die Franzensquelle in Eger-Franzensbad u. der atmosphär. Luftdruck; 1860). Die Franzensbader Quellen zeigen sich unabhängig von der Grösse der niederfallenden Regenmenge; selbst im regenlosen Sommer von 1842 flossen sie wie gewöhnlich. Sie variiren aber in ihrer Ergiebigkeit von Tag zu Tag, ja während desselben Tages, oft bedeutend. Seit 1849 hat Cartellieri mehrere Jahre Messungen über die von der Franzensqu. gelieferten Wassermengen angestellt; sie stimmten mit den Messungen an 3 andern dortigen Sauerwässern u. mit der Schätzung des Wasserquantums der Louisenqu. darin überein, dass alle Qu. um so mehr W. lieferten, je tiefer das Barometer stand. Bei 325 Linien Luftdruck lieferte das Abflussrohr der Franzensqu. immer 7—8 Maass (280—320 Unzen) W. in der Min., bei 309 Linien flossen jederzeit 17—18 Maass, in den seltenen Fällen von 307 Linien Luftdruck flossen 18—19 Maass, bei 330 Linien (Nov. 1859) hörte der Abfluss ganz auf, wobei übrigens zu bemerken bleibt, dass seit den letzten 2 Jahren der Ausflusspunkt der Qu. etwas erhöht worden. Kleine Differenzen abgerechnet ging die Verminderung des Abflusses immer parallel der Grösse des Luftdrucks; nur eilen (quantitativ) die Veränderungen von jenem den Veränderungen von diesem meistens voran. Eine graphische Darstellung, die zwei ersten Monate von 1860 betreffend, veranschaulicht dieses Abhängigsein der Ausflussmenge vom Barometerstand.

---

*) Kann niederiger Barometerstand durch zu starke Entwickelung des Gases eine Erschöpfung eines Sauerbrunnens herbeiführen?

Die Zeitungen theilten mit, dass zu Linderhahn im Kreise St. Goar am 30. Aug. 1852 bei einem Sturme der Brunnen (ohne Zweifel ein Sauerbrunn) still gestanden u. erst nach dreitägigem Arbeiten (Pumpen?) wieder in Bewegung gekommen sei. Wahrscheinlich war hier der Luftdruck ungewöhnlich klein gewesen.

(Auf der vorigen Seite, Z. 3 v. u., lies: hohem, statt: niederm.

Der hohe Barometerstand des Novembers 1859 hatte nicht blos auf die Franzensbader Qu. Einfluss, sondern auch zu Homburg bemerkte man etwas Aehnliches wie zu Franzensbad. Am 11. Nov. war zu Homburg ein ungewöhnlich hoher Barometerstand (fast 28"), wobei die dortigen Sauerwässer eine geringe Ergiebigkeit zeigten, die nach 2 Tagen bei sinkendem Luftdruck wieder gehoben war. Der Stahlbrunnen gab damals in 26 Min. die Menge, die er am 9. u. 15. Nov. in 18½ Min. lieferte, der Louisenbrunnen in 14, was er vor- u. nachher in 8 gab. Auch drei andere dortige Brunnen gaben weniger W. an diesem Tage, wo auch die Qu. von Soden sehr schwach gingen u. der dortige Sprudel versiegte.

Zu Nauheim hat sich sehr häufig bei hohem Barometer eine beträchtliche Abnahme der dortigen Sauerwässer gezeigt. Es war auch bei heftigen Stürmen u. einem ungewöhnlich niedern Barometerstand von 320 par. Linien, als im Dez. 1846 unter einer schwachen Erderschütterung u. einem tosenden Geräusche durch ein verlassenes Bohrloch von 550 F. Tiefe sich der zweite Soolsprudel Bahn brach, der täglich 85--90000 K.F. W. u. noch mehr freie Kohlensäure ergoss. Der grosse Sprudel springt bei niederm Barometer höher u. producirt mehr Soole als bei höherm. „Diess ist so regelmässig u. auffallend, dass bei Anbringung von geeigneten Messvorrichtungen die Sprunghöhe dieser Qu. als umgekehrtes Barometer gebraucht werden könnte, wenn nicht eine, hiermit nicht im Zusammenhang stehende Beobachtung diess beeinträchtigte. Es zeigt sich nämlich, dass die atmosphärischen Niederschläge auch insoweit einen Einfluss auf die Qu. haben, als dieselbe ungefähr 4 Wochen nach anhaltendem Regen wasserreicher wird, ohne jedoch an Concentration u. Temperatur einzubüssen. Dieses rührt daher, dass die innere Spannung durch das sich in den Schichten des Gebirges reichlicher ansammelnde Tage-W. vermehrt wird.... Jede Aenderung des Barometerstandes um eine Linie muss die Qu. um einen ganzen Zoll alteriren, so dass die Schwankung in der Sprunghöhe des grossen Sprudels allein durch den Wechsel des Barometerstandes einen ganzen Fuss betragen kann." *) (Bromeis.)

Versuche, welche Batillat u. François an dem Brunnen Brosson zu Vichy 14 Monate hindurch anstellten, zeigten, dass die W.-Masse im umgekehrten Verhältnisse zur (freien?) Kohlensäure stand u. mit dem Barometer in gleichem Sinne (?) stieg u. fiel. Die Vermehrung der Masse ist aber unter sonst gleichen Umständen bei N u. NO-Winden stärker u. bei SO, S, SW schwächer. Bei heiterm Wetter ist die Ergiebigkeit u. die Entwicklung des Quellgases geregelter als bei bedecktem Himmel. (*Dict. des Eaux.)

§. 55. Kohlenwasserstoff als Triebkraft.

An den Orten, wo Brenngas-Ausströmungen stattfinden, scheint dieses Gas eine ähnliche Rolle wie die CO^2 bei den Säuerlingen zu spielen. Wir haben gesehen, dass es nicht selten eine bedeutende Druckkraft äussert; auch, dass es im Staate Ohio an einigen Orten das W. absatzweise 50—100′ in die Höhe wirft u. dass es durch eine ununterbrochene Strömung grosser Luftblasen in den Volcanitos der Anden das W. in Bewegung setzt u. in die Höhe treibt. (Hydro-Chemie.)

In einiger Beziehung zu den Schlammlaven scheinen die eigenthümlichen Qu. vortrefflichen Trinkwassers in Fontan bei Taman u. andern Orten zu stehen. Es finden sich hier, entfernt von Bächen oder Seeen, grosse trichterförmige Vertiefungen, welche Dubois artesische Krater nennt. Diese Qu. kommen nicht aus den

---

*) Dagegen heisst es in der *Augsburger allg. Zeitung irgendwo über die Fluth-Erscheinungen des Nauheimer Sprudels. „Man wollte mit Gewissheit beobachtet haben, dass die Eintrittszeit u. Zeitdauer des Steigens mit den bei Regen u. Hochwasser stattfindenden W.-Infiltrationen der Erde in Verbindung stehe; weniger war man des Einflusses des atmosphärischen Luftdruck-Wechsels sicher."

benachbarten Hügeln, da diese Schlammvulkane in voller Thätigkeit sind. Sie sind von ausserordentlicher Fülle u. versiegen zu keiner Zeit. Wie kann man sie, sagt Dubois, inmitten eines ebenen Bodens, einer Insel, deren höchste Erhabenheiten 100 Met. nicht übersteigen, einer Insel, entfernt von allen Bergen, von denen sie durch weite Salzwasserflächen abgeschlossen sind, anders erklären, als durch eine artesische Gewalt, ähnlich der, welche die Schlamm- u. Naphthaergüsse auf den Gipfeln der Kothkegel hervorbringt. Es ist hier also wohl, wie auch in den folgenden Fällen, Kohlenwasserstoff die treibende Kraft.

Bei einem Ausbruche einer Gasqu. von Baku im J. 1828 kamen mehrere Tage lang auch W.-Säulen zum Vorschein.

Der 60 Meter tiefe Brunnen zu Burksville machte in 6 Jahren nur 2 Ausbrüche; der letzte dauerte 6 Wochen. Wenn die Qu. einen solchen Strahl von selbst hervortreibt, kommt auch Bergöl mit der Soole hervor.

Wahrscheinlich ist bei vielen Naphtha-Quellen Kohlenwasserstoff als hebende Kraft thätig; vielleicht ist dies auch bei solchen nicht naphthaführenden Wässern der Fall, die beim Ausflusse ein schaumartiges Gemisch von Kohlenwasserstoff u. W. darstellen. (Cf. Hydro-Chemie S. 656.)

Wie gewisse Sauer-W., so erleiden auch Kohlenwasserstoff-W. wohl Explosionen.

In einem Bohrloche zu Pittsburg in Nordamerika, das mehrere Kohlen- u. Kalkflötze durchsetzt u. 800 F. tief ist, steigt fast alle 3 Wochen das W. plötzlich bis zu einer Höhe von 30—36′ mit einer reichen Entwickelung von Kohlenwasserstoff. Als die Saline noch in Betrieb stand, fand dasselbe Phänomen jedesmal statt, wenn nach einer Ruhe von einigen Tagen gepumpt u. also der W.-Stand erniedrigt wurde.

§. 56. Hebungsmittel der Quellwässer verschiedener Art.

Sunt aliquot quoque res, quarum unam dicere causam
Non satis est, verum plureis. Lucretius.

Ausser den genannten Vorgängen, wodurch das Quell-W. zur Erdoberfläche getrieben wird, bleiben noch mehrere andere denkbar, deren Wirkung wir hier erörtern wollen. Vielleicht ist aber bei manchen Qu., die wir bis dahin noch immer für aufsteigende angesehen haben, eine Ursache der Hebung des W. nicht nöthig, weil es in der That nur absteigende W. sind. *)

---

*) Nach der Ansicht von R. Ludwig gehören einige Thermen von Ems zu den absteigenden Wässern u. entsteigen nicht der Tiefe. Bekanntlich steht der Theil von Ems, wo die Thermen entspringen, an der steilen Lehne eines Devon'schen Thonschieferfelsens, durch dessen Absprengung der Raum zu Strassen u. Wohnungen erlangt wurde. Der Eigenthümer jenes Privathauses, in dessen Hof die neue Felsenqu. entspringt, hatte in dem seinen Hof begrenzenden Felsen eine etwa 3 Meter hohe u. breite Grotte ausbrechen lassen, welche er als Keller benutzen wollte. In der Tiefe von etwa 5 Meter kam im Felsen eine 1—1,5 Decimeter starke Schicht sehr kohlenreicher schwarzer Schiefer mit Ausblühungen gelber u. weisser Eisen- u. Alaunvitriole zum Vorschein, welche in einem Winkel von 28—30 Grad gegen SO einfällt. Diese Schicht führt von oben her einen ziemlich starken Strom von 32° warmem W. zu. Man ist allgemein der Ansicht, sagt Ludwig (Pyrmont 1862), dass die Thermal-W. der Tiefe entsteigen; in dem vorliegenden Falle der Felsenqu. in Ems aber ist die Sohle des Einbruchs (des Kellers) ganz trocken, das ziemlich hoch erhitzte W. kommt vom Berge her, von oben, u. muss also seine Temperatur anderen Ursachen, als der Erdwärme verdanken. — Der im Hintergrund stehende Bäderberg ist nur etwa 300 Meter hoch, das ihn vom Scheitel bis zum Fusse durchrieselnde Meteorwasser, dessen Temperatur 10° C. nicht überschreiten wird, könnte

Ehe man die Theorie der communicirenden Röhren der Erklärung des Aufsteigens der Quellen zu Grunde legte, suchte man in sehr verschiedener Weise dieses Phänomen zu erklären. Wir finden die vorzüglichsten Erklärungen ausgedrückt in folgenden Worten aus *J. Johnstoni Thaumatograph. nat. 1633: „De modo ascensionis est controversia. Succussationi adscribit Socrates (?), spiritui Plinius, terrae ponderi aquam propellenti Bodinus, maris moli Scaliger, vaporibus in se reflexis caeteri.“ Der Druck des Meeres. Wenn eine auf dem Festlande abgehende Spalte im Meeresboden mündet, so kann das Meer in der Spalte bis zu der Höhe seines Spiegels aufsteigen u. einen Brunnen von Meerwasser bilden. Falls in das Meerwasser, welches diesen Brunnen erfüllt, absteigendes Süsswasser unterirdisch zutritt, so kann dieses mit dem Meer-W. vermischt auf einem Punkte, der über dem Meeresspiegel liegt, zum Ausflusse kommen, weil eine kleinere W.-Säule des spezifisch schwereren Meer-Wassers einer grössern des leichtern Gemisches das Gleichgewicht halten kann. Es reiht sich dieser Fall aber an die schon besprochenen, wo das Meer einen Druck auf die Quell-Ausgänge ausübt u. ein Remittiren der ausserhalb des Meeres gelegenen Quell-Mündung hervorruft; der Druck des Meeres ist nicht die hebende Kraft.

Hebung des Wassers durch capillare Anziehung. Mulder hat sich ehemals zu zeigen bemüht, wie das W. einiger Qu. möglicherweise durch Haarröhrchenkraft gehoben sei (*Wat. of Amsterd. 1827.) Es ist auch wohl zu denken, wie durch ein aufsteigendes, fein-poröses Gestein, das von einer wasserdichten Schichte unterfangen ist, eine mehr oder minder grosse W.-Menge von einer W.-Ansammlung aus zu einem höher gelegenen Punkte gehoben werden, sich in der Höhe sammeln u. abtröpfeln könne; aber doch dürfte eine solche Erzeugung von Quellen nur höchst selten sein u. nur für kleine Qu. annehmbar erscheinen. Dazu hat die Höhe, bis zu welcher das W. sich erheben könnte, eine von der Feinheit der Capillarräume abhängige Grenze. *)

---

also an seinem Fusse höchstens auf 18° C. erwärmt worden sein; es müssen somit noch andere Wärmeursachen mitwirken, um die Temperatur des W. auf 32° C. zu erhöhen. Ludwig findet diese Ursachen in der langsamen Verbrennung der kohligen Schicht, aus welcher die Flüssigkeit quillt, u. vermuthet, dass alle Emser Thermalquellen, namentlich aber das Krähnchen, der Kesselbrunnen u. Fürstenbrunnen, auf derselben Schicht niedergehen u. erwärmt werden. Da nun das Krähnchen notorisch seitlich aus Klüften des Gesteins quillt, so kommt es also ebenfalls von oben. Wo in der Thalsohle Schachtabteufen jener niedergehenden Quellschicht sich nähern, steigt erhitztes W. auf. Da die Schicht gegen das Thal sich neigt u. unter der Lahn fortsetzt, so können selbst die durch tiefe Schachtabteufen jenseits erlangten Quellen (die neue Quelle), welche nicht frei ausfliessen, sondern gepumpt werden müssen, daher ihre Wärme entnehmen. Nach Ludwig ist die Ergiebigkeit der Emser Thermen vollkommen abhängig von der jezeitig fallenden Regenmenge; der W.-Stand der Lahn, der gewöhnlich 4,5—6,5 M. unter den Quellausgängen liege, könne auf die Ergiebigkeit der Quellen nicht wirken (?). Im Bäderberge, dessen Höhe 250 M. betrage, könne man die Ursache der Erwärmung nicht suchen. (Aber könnte man nicht an eine vulkanische Hitze denken, da Ems einem Urvulkane nahe liegt?) Ludwig sucht demgemäss die Wärmequelle im Ursprungsgestein, dem bituminösen Schieferlager. Bekanntlich liefern langsam verbrennende Alaunschiefer, Kohlenflötze, Schwefelkieslager viel Wärme u. bringen selbst Erdbrände hervor. (Notizbl. d. Ver. f. Erdkunde, 1863, III, 2. H., 73.) Aber die chemische Beschaffenheit der Emser W. stimmt nicht mit dem Gehalte, den ein an Eisen- u. Alaunvitriol reicher Schiefer dem W. mittheilen müsste.

*) „Wir wollen annehmen, dass die Gesetze über die Abhängigkeit der gehobenen Flüssigkeitssäule von den Durchmessern der Haarröhrchen für alle möglichen Dimensionen derselben richtig blieben; dann würde in den Zwischenräumen

Erhebung des Wassers als direkte Wirkung der Wärme. Mittelbar kann die Wärme durch Bildung von Dampf als Hebungsmittel des W. wirken; vielleicht auch mehr unmittelbar durch die Veränderung des spezifischen Gewichtes. In wie fern dies aber bei Quellen stattfinde, bedarf noch weiterer Untersuchung.

„Si l'on conçoit, que les eaux pluviales, en pénétrant dans l'intérieur d'un plateau élevé, rencontrent dans leur mouvement une cavité de 3000 mètres de profondeur, elles la rempliront d'abord; ensuite, acquérant dans cette profondeur une chaleur de 100 degrès au moins, redevenues par là plus légères, elles s'éleveront et seront remplacées par les eaux supérieures, en sorte qu'il s'établira deux courants d'eau, l'un montant, l'autre descendant, perpétuellement entretenus par la chaleur intérieure de la terre. Ces eaux, en sortant de la partie inférieure du plateau, auront évidemment une chaleur bien supérieure à celle de l'air, au point de leur sortie.“ (Laplace.)

Verkleinerung der Höhlungen, worin die W. im Erdinnern sich aufhalten. Geologische Senkungen u. Hebungen.

Die Senkung der Erddecke kann ein Hinauftreiben des W. veranlassen.

Schon die oberflächlichste Erdschichte bewirkt unter gewissen Umständen ein Aufquellen des Wassers. An vielen Stellen, namentlich in den Niederungen der norddeutschen Ebene u. der dänischen Inseln, hat man constatirt, dass das ganze Torfmoor auf einer flüssigen Schlammschicht schwimmt. Durchstösst man solche Torfmoore mit langen Stangen, so sinken diese plötzlich ein u. aus dem Loche quillt schwarzes morastiges W., oft im Strahle. Unter den torfigen Mooren der Niederungen des Mississippi soll sich an einigen Orten in Alabama sogar das See-W. unter der Moordecke fortziehen, so dass man beim Durchstechen der Pflanzendecke, auf welcher die Heerden weiden, Seefische fangen kann.

Es finden an vielen Stellen der Erdrinde Senkungen statt, welche als Druckkraft von Einfluss auf das Hervorkommen des im Erdinnern befindlichen Wassers sein können. Solche Senkungen stellen zugleich eine mechanische, Wärme erzeugende Kraft vor, die eine Erwärmung des Wassers begründen kann.

„Es ist wahrscheinlich, dass die vulkanischen Erscheinungen auf Island die Arbeit der umliegenden Senkungsfelder sind u. dass der Zuwachs an innerer Wärme durch noch fortdauernde Senkung u. Schichtenbildung unter dem Meeresboden dem sehr kleinen Wärmeverluste durch Ableitung nach oben (durch die Geyser u. durch den Hekla) das Gleichgewicht halten könne.“ (Fr. Mohr 1862.)

Ganze Länder sind im Sinken begriffen, z. B. Grönland u. Dalmatien. Bei andern Ländern ist die Hebung an der Tages- oder vielmehr Säcular-Ordnung u. wieder andere heben sich hier u. senken sich dort gleichzeitig.

So wie die Senkung der über dem W. des Erdinnern befindlichen Masse ein Hervorpressen des W. bewirken kann, so muss eine Hebung des unter dem W. liegenden Gebirges, welche nicht von einem entsprechenden Hinaufgehen der über dem W. liegenden Erdschichten begleitet ist,

---

von $^1/_{10}$mm das W. 2 Decimeter steigen; in feinem Sande mit Zwischenräumen von $^1/_{100}$mm müsste es 2 Meter sich erheben; in Mergel mit Zwischenräumen von $^1/_{400}$mm würde die Schicht, welche durch Haarröhrchenanziehung befeuchtet wird, ungefähr 8 Meter Dicke besitzen.„ (Franz Arago Sämmtl. Werke VI, 1857.)

In den Llanos Südamerikas tränken sich Sandhügel während der Regenzeit mit W. u., wenn die Ueberschwemmung aufhört, lassen diese das W. langsam entweichen u. werden so, geschützt vor Verdampfung, zu wahrhaften Quellen. Es sind dies aber absteigende Wässer.

dasselbe Phänomen veranlassen, weil durch beide Vorgänge eine Verkleinerung der Höhlungen, worin das W. weilt, entsteht. Es könnten also auf diese Weise Quellen erzeugt werden, die nicht unmittelbar ans Meteor-W. ihren Vorrath schöpfen, sondern aus einem W.-Becken von säcularer oder noch viel längerer Dauer der Füllung. Wahrscheinlich kommt dieser Fall nicht selten bei Erdbeben vor.

Die meisten Länder Europas sind in Hebung begriffen; so die Ostseeküste Skandinaviens u. ein grosser Theil von Dänemark. An den Küsten von Sicilien, Sardinien, Gibraltar sind solche Hebungen im grössten Maassstab geschehen oder sind noch im Gange; ebenso hat man in Neufoundland, den Sunda-Inseln u. Philippinen, in Neuholland, Chile etc. offenbare Beweise für ganz junge, meist noch fortdauernde Hebungen. Die Stelle, wo vor nicht sehr langer Zeit die Schiffe bei Sandefjord in Norwegen landeten, liegt jetzt weit in der Stadt; das Ufer hat nämlich im letzten Jahrhunderte eine ziemlich rasche Erhebung erlitten.

Wenn ganze Länder gehoben werden, so betrifft diese Erhöhung zunächst die Unterlage der W.-Schichten u. nur insoweit deren Decke, als durch diese das gepresste W. nicht entweichen oder zusammengedrückt werden kann. Hat die Decke Spalten, so fliesst durch sie so viel W. hervor, als dem nicht durch Zurückweichen der obern Wölbung ausgeglichenen Drucke entspricht. Die Compression des W., so klein sie sich auch in den Experimenten des Physikers darstellt, wird bei diesen geologischen, mit immensen Kräften ins Werk gesetzten Vorgängen doch von einigem Einfluss auf die Dauer des Hervorkommens des W. sein.

Die Senkung des Oberbodens (resp. Hebung des Unterbodens) braucht nur eine geologisch ganz unbedeutend erscheinende Grösse zu erreichen, um ein krenologisch völlig hinreichendes Resultat zu erzielen. Gesetzt die Ausbreitung einer W.-Ansammlung sei 100000 Fuss (3 geogr. Meilen) lang u. breit, so würde die Senkung der Decke in einem Jahre um $^1/_{20000}$ Fuss oder $^1/_{1666}$ Zoll in derselben Zeit 5 Millionen K.F. W. hervorstossen u. eine Erhebung um 1 Zoll also 1666 Jahre lang dieses für eine sehr grosse Qu. ausreichende Quantum hervorbringen können. *)

§. 57. Intermissionen und Remissionen der Quellen von kurzer Dauer. Stundenquellen.

> Aquae intervalla habent, quibus se retrahant et quibus reddant; quaedam autem intervalla, qui minora sunt, ideo notabilia, quaedam maiora, nec minus certa. Seneca.
>
> Omnia nondum
> Ex Jove mortales cognoscimus, occulit ille
> Plurima, dum libitum fuerit tradet et illa
> Jupiter: Arati Phaenom.

Die Unterbrechungen, welche das Fliessen der Quellen erleidet, sind in Bezug auf Häufigkeit u. Dauer sehr verschieden u. sogar bei derselben

---

*) Eine jährliche allseitige Verkleinerung des Erddurchmessers um $^1/_{3000}$ Linie würde genügen, um jährlich 2000 Millionen K.F. W. aus dem Erdinnern auszutreiben.

Arago suchte freilich nachzuweisen, dass ein W., welches durch Einbiegung einer Erdschicht hervorgetrieben würde, mit der Zeit aufhören müsste zu fliessen.

Qu. meistens ungleich. Wir haben schon von denjenigen Qu. gesprochen, die aus Mangel an Meteor-W. lange Zeiträume, oft Jahre lang (§. 32) oder doch denjenigen Theil des Jahres ausbleiben, welcher zu ihrer Unterhaltung kein W. liefert (§. 33 u. 38) oder die überhaupt nur kurz nach einem meteorischen Niederschlage fliessen, oder so lange, als eine W.-Ansammlung an der Erdoberfläche ihnen W. gibt. Wir haben auch gelegentlich solche Qu. erwähnt, die zu unbestimmten Jahreszeiten u. bei niedrigen Barometerständen fliessen. Von Quellen, die nur etwa monatlich einmal erscheinen oder sich vermehren, ist mir indess kein sicheres Beispiel bekannt. *) Vgl. S. 141.

„Sed fons in medio est, quem vivum nomine dicunt:
Perspicuus, lenis, dulcibus uber aquis,
Qui semel erumpens per singula tempora mensum
Dûdecies undis irrigat omne nemus."
*Incerti autoris Phoenix. (Aus den ersten Jahrhunderten n. Chr.)

Intermissionen von der Dauer mehrerer Tage kommen bei den Qu. vor, die durch Dampf- oder Gas-Explosionen Paroxysmen erleiden. Es bleiben aber noch die Stundenquellen zu erwähnen, die Intermissionen von Stunden oder gar nur von Minuten oder Secunden machen, mit Ausnahme von denjenigen Qu., die täglich nur Einmal für eine kürzere oder längere Zeit des Tages fliessen, weil sie ihren W.-Bedarf von dem in der Tageswärme schmilzenden Eise beziehen (§. 33) u. von andern, die von der zweimaligen Fluth des Meeres abhängig (S. 140) eine doppelte Intermission oder Remission täglich wahrnehmen lassen. **)

Zweimal täglich fluthende Quellen, die nicht vom Meere abhängen, scheinen selten zu sein. (Vgl. S. 141 u. 142.)

Eine Qu. bei Fonsanche zwischen Sauve u. Quissac unweit Nimes (Gard) gibt in 24 oder 25 Stunden zweimal für $7^1/_4$ Stunden W. u. setzt dann 5 Stunden aus, verspätet sich aber dabei in 24 Stunden um 50—53 Minuten (Astruc Mém. 285). Nach starken Regengüssen läuft sie beständig. — Die Qu. beim See Bourguet in Savoyen setzt in 24 Stunden 2mal aus. (Nach anderer Nachricht nimmt sie nach Ostern bisweilen in 1 Stunde 6mal zu, in trockener Zeit nur 1—2mal.) — Der Engsterbrunn bricht Morgens u. Abends, oft nach einem unterirdischen Geräusche, hervor; wenn er eine Grube angefüllt hat, fliesst er über mit solcher Gewalt, dass er ein Mühlrad treiben könnte. Oft fliesst er 2—3 Stunden, oft die ganze Nacht hindurch; zu Zeiten steht er auch ganz still. Sein W. ist kalt u. klar. Das ganze Engsteler Thal ist voll von schönem Wasser. (*Scheuchzer.)

---

*) Ein Einfluss des Mondwechsels auf die Ergiebigkeit dürfte selten vorkommen u. dann wohl grossentheils mit gewissen Veränderungen der Witterung oder der Meeresfläche zusammenhängen. Es scheint auch, wie im nachfolgenden Beispiele, die Entwicklung der Gase zuweilen in solcher zweifelhaften Beziehung zu den Mondphasen zu stehen. „In Bossnen, aus dem Berg Cardanio, welcher Dalmaciam u. Sardiniam scheidet, da kompt herfür fast am mittel des gemelten Gebirgs in einer klufft vnd höle, aus dem dritten Grad der Erden, ein quellen fluss vnd vrsprung, eines wunderlichin wassers, dis hat sein art, das jammerdar darinn ein klepffen vnnd knellen gehört wird, als ob man mit Püchsen darinn schiessen thet, vnd diese tosung beschicht fast, wann der Monn zunimbt alle stundt ein mal, so er aber abnimbt, beschicht es in 3. tagen, oder 72 stunden nur ein mal, diss wasser ist dick, dunckel vnd trieb." Thurneisser 1612.

**) „Patet in dulcis aquae fluvio incrementi decrementique causam mare non esse; sed impulsum maris intra subterraneum meatum, quo fluvius subterraneus a recto suo tramite diversus intra montium cavernas violenter impellitur." (Kircher.)

Dreimal täglich fluthen auch wohl nur wenige Quellen.

Im Val d'Assa gegenüber von Remus fliesst eine bachartige Qu. aus einem Kalkfelsen dreimal täglich u. versiegt dreimal (Kaiser Tarasp 1847, 5). — Plinius Caecilius (Briefe IV, 30) spricht von einer sehr kalten Qu., die täglich dreimal ab- u. zunahm. Er fragt sich, ob, wie beim Glucksen einer umgekehrten mit W. gefüllten Flasche, die Luft diese Intermittenz bewirke, oder ob hier eine Analogie mit Ebbe u. Fluth stattfinde oder mit dem Aufgehaltenwerden der Flussströmung durch Stürme, oder „an latentibus venis certa mensura, quae dum colligit, quae exhauserat, minor rivus et pigrior, quum collegit, agilior majorque profertur? An nescio quod libramentum abditum et caecum, quod cum exinanitum est, suscitat et elicit fontem: quum repletur, moratur et strangulat?" (Anders spricht Plin. H. N. II, c. 103 von dieser Qu.: „In Comensi iuxta Larium lacum fons largus, horis singulis semper intumescit ac residet." Auch ab Heers sah sie noch öfter als stündlich steigen u. fallen.) — Die Wunder-Qu. von Kaschmir, Send-Brary, verbindet mit dem dreimaligen Fliessen die von der Schneeschmelze abhängige Periodicität. In einer Thalhöhe von 6—7000' fliesst sie nur während des Schneeschmilzens im Mai 15 Tage lang u. bleibt das übrige Jahr trocken, heftige Regengüsse ausgenommen, wonach sie unregelmässig hervortritt. In jenen 15 Tagen hingegen strömt sie dreimal täglich 3/4 St. lang reichlich (Annal. d. Struv. Brunnenanst. II, 68, Bernier Voy. 160).

Selbst viermal fliessende oder fluthende Quellen dürften ziemlich selten sein.

Seneca weist auf solche hin mit den Worten: „Quare quidam fontes senis horis pleni, senisque sicci sunt?" (Nat. Quaest.) — Zu Puisgros südöstl. von Chambery fliesst eine Qu. 4mal täglich, mit Unterbrechungen von 5—6 Stunden je nach der Jahreszeit. Sie hat viel W., welches aus einem breiten, mit Steinen angefüllten Becken kommt. — Der Polterbrunnen bei Altenbecken fliesst zuweilen gar nicht, gewöhnlich aber im Sommer von 6 zu 6 St. durch eine kurze Zeit, in andern Jahreszeiten aber von 4 zu 4 St. durch 15 Min. mit starkem Getöse u. so viel Gewalt, dass einige Mühlen davon getrieben werden könnten (*Nowack). Nach *Thurneysser erscheint der Bolderborn um 4 Uhr, 8 oder 8 1/2. u. gegen 11 Uhr. — Ein Brunnen 1 1/2 Ml. von Civita Real in der Landschaft Chiapa in Amerika soll von 6 zu 6 Stunden wachsen u. verschwinden (de Laet Beschryv. van West Indien VII, c. 3).

Andere Qu. exacerbiren jedoch noch häufiger.

Aus einer Qu. am Pilatusberge, einer zu Burgenburg u. einem Brunnen bei Marsac bricht das W. täglich einigemal hervor. — Nach Bocatius intermittirt eine Qu. zu Tamariz (in Tamaritia Cantabriae) 12—20 mal täglich. — „Quod ad fontem illum, qui dietim reciprocat quater et vicesies, revera mirabilis est, si reciprocatio ista sit certa et definita, ita ut numerum hunc nunquam excedat aut deficiat: Sed si definita non sit, ut procul dubio non est, haud judico valde difficile esse causam ejus detegere." Cartes. ad Mersennum II, ep. 92. — Eine nur im Juni u. August alle halbe Stunden intermittirende, sonst unveränderliche Qu. in der Grafschaft Foix, 2 Meilen von Mirepoix, erwähnt Tassin (Tab. Geogr.). — An den Ufern des Gardon unweit Uzes sind 2 intermittirende Qu., eine (Boulidou), die jedesmal mehr als 1/5 Meter fällt u. dies 30—40 mal täglich thut, eine andere (Madame), die nach 25—40 (90 nach Andern) Minuten anhaltendem Flusse plötzlich 10—15 Minuten ausbleibt. — Die Qu. von Colmar (Basses Alpes) soll 8mal in der Stunde Ebbe u. Fluth zeigen u. 6—8 Min. aussetzen; sie verlor einmal diese Periodicität durch das Erdbeben im J. 1755 bis zum J. 1763. Eine genaue Beschreibung des Vorganges gibt *Le Grand (Hist. nat., Lond. 1680): „Gassendus fontis cuiusdam Collis Martiensis nomine meminit, qui octies intra Horae spatium fluit, totiesque fluxu inhibito sistit. Quippe imminens et jam eruptura aqua levi murmure se prodit, sensimque in alveolo per minuta ferme sex: cum vero nullum amplius decrementum sub fine percipitur, aliqua interponitur mora, priusquam aqua denuo effluat. Non tamen intervalla ab una eruptione in aliam aequalia sunt,

sed quandoque plura, interdum pauciora intercurrunt; cum interim raro accidat, ut non unius Horae spatio, octo effluxiones et totidem cessationes numerentur." — Die Qu. von Fontestorbe bei Belesta (Ariège-Dep.), 6°9 warm, wächst 16 Minuten lang (in der trockenen Jahreszeit 10 Minuten nach Daubuisson), bleibt 8 Min. auf ihrer Akme (30 nach D., 18 nach Paramelle), fällt 31 Min. lang (35 nach D.) u. bleibt dann 8 Min. aus (nach D. fängt sie gleich wieder an zu wachsen). Zur Zeit der Fluth gibt sie zehnmal mehr W. als wenn sie am niedrigsten steht u. könnte dann eine Mühle treiben. Uebrigens intercalirt diese Qu. nur von Juni — Okt., ist dagegen anhaltend im Winter u. bei Sommerregen. Als aber im J. 1692 der Schnee 2 Monate gefroren blieb, lief sie auch in den Monaten Nov. — Jan. intermittirend. — Lagwell bei Torway intermittirt stündlich 16—20 mal. — In der Delegation Como ist das Dorf Magreglio mit einer Höhle, worin sich die sog. Menaresta del Lambro befindet, die intermittirende Qu. des Lambroflusses, 3 Min. wachsend, 5 Min. wieder abnehmend, dann 8 Min. sich gleichbleibend u. so fort. — Eine Qu. im Jura soll alle 7 Min. steigen u. fallen. — Ebbe u. Fluth hält eine 520′ über der Meeresfläche liegende Qu. der Grafsch. York, welche aus Kalkfelsen entspringend, ihr W. in einen steinernen Behälter ergiesst, wo es in 5 Min. zu 19 Zoll Höhe steigt u. dann ebenso fällt. Bisweilen ist der Boden des Behälters vollkommen trocken, dann hört man das W. aus den Felsspalten wieder hervorrauschen (Journ. f. Lit. 1825, 231). Diese Nachricht erscheint nicht klar genug. Läuft vielleicht nur der Behälter leer, wenn der W.-Stand eine gewisse Höhe erreicht hat? —

Eine berühmte intermittirende Qu. ist noch zu Sztraczena, einem Bergdorf des Gömörer Comitats. — Zu Kimp im Südbiharer Comitate ist eine, Idzuk genannte Qu., welche in Intervallen auf Einmal etwa 40 Eimer W. hinauswirft u. zwar bei regnerischer Zeit in Zwischenräumen von 10—15 Min., bei Trockenheit alle 20—30 Minuten. Vielleicht ist diese Qu. identisch mit der zu Kalugyer bei Vaskoh im Biharer Comitate, wo eine, Isbuk oder Dagado-Forras genannte Qu. ist, welche zu unbestimmten Zeiten, besonders zwischen Weihnachten u. Sommermitte, mehrmals täglich, eine sehr beträchtliche, nicht immer gleiche, zuweilen zwischen 40—50 Eimer betragende Masse klaren, angenehm schmeckenden (angeblich aber doch Schwefel enthaltenden) Wassers nach vorhergegangenem Brausen ausstösst u. in der Zwischenzeit ruht. Es wäre möglich, dass diese Qu. zu denen gehörte, wobei Eruptionen durch Luft-Entwickelung vorkommen.

Sehr viele Qu. zeigen nur dann Intermittenz oder Remittenz, wenn das W., wovon sie gespeist werden, weniger häufig als sonst zufliesst, zu Zeiten geringen Regenfalls oder wenn wenig Eis abschmilzt. Frühlingsbrunnen sind öfters auch intermittirende. (Vgl. S. 103.) Regenarme Länder sind oft durch periodische Qu. ausgezeichnet (S. 108).

Die Zeit des Fliessens u. der Ruhe ist überhaupt bei den Stundenquellen sehr von der Grösse der atmosphärischen Niederschläge u. dem Einflusse der Wärme auf das W. abhängig. Je mehr Regen fällt oder Eis schmilzt, desto länger werden die Zeiten des Fliessens u. desto kürzer die der Ruhe.

Die Kälte verdichtet das W., meint *Athenäus (II, c. 16); deswegen flössen auch die Stundenquellen (ἐν τοῖς γνώμοσι ῥέον) im Winter langsamer (das heisst wohl in längern Zwischenräumen) als im Sommer.

§. 58. Ursachen der wechselnden Ergiebigkeit und Intermissionen der Quellen. Alternirende Quellen.

Sunt et sub terra minus nota nobis iura naturae, sed non minus certa, crede infra, quicquid vides supra Seneca.

Die Erklärung der Remissionen u. Intermissioen der Quellen hat die Gelehrten sehr beschäftigt. Einige waren damit zufrieden, das Ausbleiben u. Erscheinen

des W. als ein Naturgesetz auszugeben, das ebenso unerklärlich hier walte, wie bei der Wiederkehr der Jahreszeiten u. dem Eintreffen der Geburt. In diesem Sinne sprach sich Seneca darüber aus; auch Vincentius Belluacensis wusste noch keine bessere Erklärung zu geben. „Modo consumpta aqua ex vena deficit, modo aliquo impedimento siccatur, modo terra coit velut in cicatricem comprimitque, quam fecerat viam; quemadmodum ad horam quartana venit et ad tempus podagra respondet... sic et aquae intervalla sua habent, quibus se retrahant et redeant." Kircher erklärte die intermittirenden Erscheinungen des Zirknitzer Sees jedoch schon durch die Annahme heberförmiger Kanäle.

Wenn ein aus der Erde hervorbrechendes W. an einem gewissen Punkte zu einer Zeit in grösserer Quantität als zu einer anderen Zeit ausströmt, so kann die Ursache dieser ungleichen Ergiebigkeit in verschiedenen Veränderungen gesucht werden. Zuerst kann der Fall vorkommen, dass die Gestalt oder die Capacität der Räumlichkeiten, worin das W. verweilt oder seinen Lauf nimmt, verändert wird; dann wird die Veränderung der Ergiebigkeit eine bleibende. Eine solche Veränderung in der Quellbehausung, den Eingängen oder Ausgängen des W. kann z. B. durch Erdfälle, Zerstörungen durch Erdbeben, vulkanische Ausbrüche veranlasst sein. So sind viele der Veränderungen zu erklären, welche die Quellen bei den Erdbeben erleiden. Aehnlicher Art ist auch das Versiegen der Quellen, welche durch Sinterbildung ihre Mündungen selbst verstopfen. In wieder andern Fällen werden die Quellmündungen durch irgend eine mechanische Gewalt erweitert u. damit die W.-Menge vermehrt. Bei der Voraussetzung, dass die Quellenbehausung ihre Gestalt u. Grösse constant behalte, kann ein Wechsel der Ergiebigkeit nur in Veränderungen der flüssigen u. elastischen Stoffe gesucht werden. Gehen wir zuerst ein auf die Veränderungen, welche ausserhalb der Quellräume stattfinden. Nicht selten ist die Ergiebigkeit einer Qu. von der Grösse des atmosphärischen Gegendruckes abhängig. Bedeutender aber ist zuweilen der Einfluss des Wechsels in den gegendrückenden Flüssigkeiten. Sehr oft ist der Fluss einer Qu. nur lokal vermehrt, ohne als Totalsumme vermehrt zu sein; es ist dies der Fall, wenn mehrere Quellmündungen bestehen, von denen ein Theil zu gewissen Zeiten im Fliessen gehindert ist, wo dann der andere Theil durch Anwachsen des Wasserdruckes mehr W. zu geben gezwungen ist. Dies geschieht, wenn ein Theil der Mündungen durch ein fremdes W. von variabler Höhe (Flusswasser bei hohem u. niederm Stande, Meerwasser bei Fluth u. Ebbe) immer oder zeitweilig bedeckt wird. Hierher sind viele Quellen zu rechnen, die beim Anwachsen der oberirdischen W., namentlich auch zur Zeit der Meeresfluth, reichlicher fliessen. Der Zufluss des W. nach unten braucht dabei nicht reichlicher zu sein; es genügt, dass durch Hemmung des Ausflusses an einer Stelle das W. sich der freigebliebenen Mündung zuwende. Damit ist aber sehr oft auch ein vermehrter Zufluss von W. zu den Quellräumen verbunden. Dieser vermehrte Zufluss kann auch für sich allein in Wirksamkeit treten. Das W. fliesst in grösserer Menge zu in besonders nassen Jahren oder Jahreszeiten, überhaupt zu Zeiten grösserer atmosphärischer Niederschläge, zur Zeit der Meeresfluth, beim Schmilzen des Schnees bei nachlassender Winterkälte oder bei der Einwirkung der Tageswärme, vielleicht auch zuweilen bei einer grössern Entwicklung von Wasserdämpfen, die zu W. condensirt werden. Auf derartige atmosphärische Veränderungen lassen sich nun auch die meisten Wechsel in der Ergiebigkeit der intermittirenden Qu. zurückführen. Doch

nicht immer ist die Steigerung des Wasserdruckes durch Anhäufung des W. zu erklären. Das nicht continuirliche Fliessen erklärt sich öfters aus einer zeitweiligen Anhäufung von Gasen u. Dämpfen. Selten scheint die Anwesenheit der Gase ein Hinderniss des W.-Laufs abzugeben *); öfterer entsteht durch sie eine Spannung, welche das Fliessen für eine gewisse Zeit hervorruft. Die Gase häufen sich in oder oberhalb des W. so lange an, bis ihre Spannung den Druck der W.-Säule überwindet, wobei dann die Gase explosiv fortgehen u. eine grössere W.-Menge hinauswerfen; durch dieses Auswerfen wird wieder Raum zu einer neuen Ansammlung von W. u. Gas gegeben u. während dieser Ansammlungs-Periode ist der Ausfluss des W. geringer als bei den Explosionen. Aehnliche Explosionen bewirken hohe Wärmegrade, durch welche W.-Dämpfe erzeugt werden, wenn die Spannung dieser Dämpfe so hoch wird, das sie das Gewicht der W.-Säule überwindet. Beim Ausbruch wird das W. abgekühlt, die Spannung der Dämpfe vermindert u. eine neue Periode der Ruhe tritt ein.

Das periodische Anschwellen gewisser Sauerwässer ist nicht wesentlich von den Eruptions-Erscheinungen unterschieden; nur liegt die Veranlassung dazu nicht blos in der gasreichen Beschaffenheit des W., welche bei den grössern Eruptionen die wichtigste Rolle spielt, als vielmehr zuweilen auch in einer gewissen Eigenthümlichkeit der Verröhrung, wodurch ein Windkessel gebildet wird, in welchem sich die Gasblasen sammeln, deren endliches Aufsteigen in der Röhre die Veranlassung zur Entwickelung von Gas u. zu einem Ueberfluthen des W. wird.

Die meisten dieser Ursachen wechselnder Ergiebigkeit sind bereits in frühern Paragraphen besprochen worden. Wenden wir uns zur Erklärung der periodischen Wechsel, welche im Laufe einer kurzen Zeit sich mehrmals wiederholen.

Die jetzt gewöhnliche Erklärung der Intermittenz ist die mit Hülfe der Hebertheorie. Man denkt sich (Taf. I, Fig. 9 c) eine Höhle (H), die von oben zu ihr W. empfängt (A) u., was eine zur Erklärung nöthige weitere Voraussetzung ist, Luftzutritt gestattet (B); diese Höhle hat keinen gradeverlaufenden Ausgang für das W., sondern einen Λ-förmig gekrümmten, heberförmigen, der vielleicht durch das Hineinragen einer gehobenen Masse (D) diese Gestalt angenommen hat. Man kann dabei auch annehmen, dass die Höhle aus den vielen miteinander communicirenden Räumen einer wasserführenden Schicht (H in Fig. 9 a u. b) gebildet, und durch andere, gleichmässig gelagerte wasserdichte Schichten seitlich und nach oben und unten abgeschlossen sei. Durch Gehobenwordensein oder Einsinken der Schichten könnten derartige heberförmige Röhren, wie Fig. 9 a u. b sie darstellt, entstanden sein. Diese hypothetischen, wohl nie nachgewiesenen Heber, deren äusserer Schenkel länger als der innere ist, enden in die Quellmündung Q, aus welcher nur dann das W. zum Ausfluss soll gelangen können, wenn es vorher in der Höhlung so hoch gestiegen, dass es den Scheitelpunkt S des Hebers erreicht hatte. Sobald dieses geschehen, erklärt man weiter, müsse

*) Die Elasticität der Luft im heberartig gebogenen Ausflusskanale einer Quelle kann bei einer gewissen Temperatur der Luft ein Hinderniss für den Ausfluss werden, bei einer andern nicht. (Darcy.)

der Luftdruck in H das W. auch in den abfliessenden Schenkel treiben; worin es wie durch einen künstlichen Heber so lange nachfliessen müsse, bis die innere Mündung des Hebers frei werde, wo es dann zu fliessen aufhöre. Sei so der Inhalt der Höhle durch das Ausfliessen erschöpft worden, so trete die Periode der Ruhe ein, während welcher sich das W. wieder ansammele; erst, wenn es den Scheitelpunkt des Hebers erreicht habe, beginne das Spiel des Hebers aufs Neue. So folge sich Ebbe u. Fluth der Quelle ununterbrochen. Die Ebbe kann dabei lange oder kurz dauern, je nachdem die Bedingungen zum Ansammeln des W. wechseln; bei vermehrtem Zufluss des W. (Regenwetter, Schneeschmilzen) sind die Ebbe-Perioden kürzer als zur Zeit des verminderten Zuflusses (trockenes Wetter, Frost), in welchem letztern Falle die Ebbe eine grosse Zeit des Jahres (z. B. den Winter) andauern kann. Obwohl der Heber jedesmal in derselben Zeit die in der Höhlung befindliche W.-Menge entleeren muss, wenn diese sich gleichbleibt, ist es doch auch möglich, dass die Fluth das eine Mal länger als das andere Mal dauert (wie dies wirklich häufig bei intermittirenden Qu. eintritt); man hat dabei nur zu beachten, dass in einem bestimmten Zeitraume nicht blos das immer an Menge sich gleichbleibende W. der Höhlung einmal zum Ausflusse gelangt, sondern dass während dessen auch noch neues W. u. zwar zu verschiedenen Zeiten in verschiedenen Mengen zu- u. abströmt.

Remittirende Qu. können als unvollkommen intermittirende angesehen werden, gewissermaassen als eine Verbindung einer intermittirenden mit einer continuirlichen.

Das Abwechseln kleinerer Ausbrüche mit grössern will man aus der Verbindung verschiedener Höhlungen durch heberförmige Röhren verschiedener Weite erklären. Der weitere Heber tritt seltener in Wirksamkeit als der kleinere u. liefert aus einer Höhle W. in eine Quelle, zu welcher es durch den engern Heber mehrmals hinfliesst, ehe der grössere Heber wieder neues gibt. Oder der Heber einer Höhle spielt einmal für sich allein in kürzeren Perioden, das andere Mal, während der andere Heber aus einer zweiten Höhle W. zubringt, in längeren Perioden. *)

Diese Theorie der Heberwirkung ist sehr verführerisch, weil man mit ihr alle mögliche Verhältnisse erklären zu können scheint. Ihre Schwäche liegt aber, abgesehen von der nicht empirischen Begründung derselben, zuerst in dem Vielfachen, was hypothetisch vorausgesetzt wird: ein Hohlraum, zu dem das oberirdische W. u. Luft von oben zutreten kann, heberförmige Gestaltung des Ausflusskanales, absolut oder fast luftdichte Beschaffenheit desselben, grössere Länge des äussern Schenkels wie des innern. Sie hat aber noch eine andere Schwierigkeit, nämlich folgende und zwar für den Fall, dass die in den Höhlenraum gelangende W.-Menge sich immer gleich bleibt. Die Weite des Hebers muss nämlich auch an der engsten Stelle so gross angenommen werden, dass der Heber für das ausfliessende W. übergross sein würde, wenn der Fluss von derselben Geschwindigkeit u. beständig wäre.

*) Marianini hat vor einiger Zeit einen künstlichen Springbrunnen mit abwechselnd grösserer u. geringerer Sprunghöhe oder auch mit völlig intermittirendem Strahle beschrieben (Cimento II, 188).

Da nämlich die im Laufe eines grössern Zeitraumes in den Höhlenraum gelangende Menge in Wirklichkeit in einem kleinern, durch die Dauer der Ebbe-Perioden geschmälerten Zeitraum ausfliesst, so ist diese W.-Menge offenbar nicht hinreichend, continuirlich den Heber bei derselben Geschwindigkeit des Fliessens *) auszufüllen; sollte der Heber also einmal durch irgend einen Zufall in vollen Fluss gerathen sein, so wird eine Zeit kommen müssen, wo das W. nicht mehr ausreicht, den Heber auszufüllen; es wird dann von der Quellöffnung Luft bis zum Scheitel des Hebers Eintritt finden. Diese wasserleere Stelle wird dann ein immerwährendes Hinderniss für die Füllung des Hebers sein; sie wird nie vom W. ganz angefüllt werden können; das W. wird nur einen Theil des Durchschnittes des absteigenden Schenkels ausfüllend abfliessen; es fliesst über die untere Kante S der Heberbiegung hinweg, füllt dabei den Querschnitt des absteigenden Schenkels nur theilweise, weil es nicht den ganzen Queerschnitt bedarf. So würde es also continuirlich im graden Verhältnisse zum Zuflusse abfliessen, ohne Heberwirkung. Ich weiss mir wenigstens keine andere Ursache, durch welche der ganze Querschnitt des Hebers bis in den absteigenden Schenkel hinein gefüllt werden soll, zu denken, als eine, bei der jetzt hier erörterten Einwendung absichtlich nicht vorausgesetzte Verschiedenheit des Zuflusses zu verschiedenen Zeiten oder ein momentanes Anschwellen des W. durch Luftentwicklung. Eine solche im Allgemeinen vorausgesetzte Verschiedenheit des Zuflusses genügt aber nicht zur Erklärung; es müsste diese Verschiedenheit den Zeiten der Fluth u. Ebbe der Qu. entsprechen, d. h. der Fluth der Quelle jedesmal ein grösserer Zufluss in die Höhle vorausgehen. Damit würde man aber nur etwas Unerklärtes am Quellausflusse auf etwas Unerklärtes, das in der Füllung der Höhle vorgeht, zurückführen, also keine Erklärung geben oder eine unnöthige Complication in die Erklärung einführen, da im Falle eines intermittirenden Zuflusses auch ohne Dasein einer Heberröhre der Ausfluss intermittiren würde. Dass aber dennoch ein Zufluss von W. (Regen) oder eine zeitweilig vorkommende Luft-Entwickelung wohl Veranlassung werden kann zum momentanen Anschwellen des W. u. zur Füllung des absteigenden Schenkels des Hebers, wodurch dessen Spiel in Thätigkeit kommt, dürfte nicht zu bezweifeln sein; es ist aber nicht einzusehen, wie durch solche unregelmässige Veranlassungen eine regelmässige Periodicität verursacht werden soll.

Uebrigens glaube ich auch, dass die meisten Intermissionen schon ihre Erklärung finden in dem wechselnden Zuflusse des Wassers durch atmosphärische Veränderungen; vielleicht sind es nur wenige Quellen (Nicht-Sauerwässer), die im Laufe des Tages mehrere Male zu- u. abnehmen, bei denen man nöthig haben möchte, die Hebertheorie in Anspruch zu nehmen. **)

Alternirendes Fliessen zweier Quellen. Gewöhnlich sucht man das Aufhören oder Vermindertwerden des Fliessens durch das vorher-

*) Es ist wohl kein Grund vorhanden, eine grössere Geschwindigkeit beim Heber anzunehmen, als wenn eine gleichgrosse nicht heberförmige Oeffnung am Anfangspunkte des Hebers bestände u. continuirlich W. gäbe.

**) Vgl. auch noch Carl Wasser-Engel, Grund u. Wirkung der schnell auf- u. abgehenden Gesundbrunnen in dem Exempel des Büdingischen; 1726.

gegangene stärkere Fliessen aus derselben oder einer andern Mündung zu erklären; es ist aber auch denkbar, dass ein Ausfluss aufhöre oder vermindert werde, während ein anderer intermittirender, vielleicht unbemerkt bleibender, in Thätigkeit ist; wenn z. B. eine grössere Ausflussröhre von heberförmiger Gestalt in Thätigkeit kommt, wird ein kleinerer vorher fliessender Ausfluss nachlassen. Bei alternirenden Geysern lässt sich vielleicht folgendes Verhältniss annehmen. Während der Dampf aus dem grössern Geyser massenhaft austritt, wird auch das W. des kleinen Geysers zu jenem hingezogen; wenn der grössere aufhört, sammelt sich wieder so viel Hitze oder Dampf, um indessen das Spiel im kleinen Geyser zu beginnen, bis wieder der grössere zur Explosion reif ist. Auf die Abhängigkeit des Fliessens tiefer gelegener Sauerwasser-Quellen vom Nichtfliessen höher gelegener kommen wir später zu sprechen. Bis jetzt unerklärt ist das alternirende Spiel zweier mächtigen Springquellen, Gourg u. Bouley, des Departements Lot. Nach dem Wenigen, was man davon weiss, wäre es misslich, Hypothesen darüber aufzustellen.

Gourg u. Bouley entstehen an den entgegengesetzten Seiten des Berges Puy-Martin, in der Nähe von Souillac. Der Bouley springt durch 2 dreieckige Felsöffnungen aus einer 9 F. tiefen Grotte. Nach einem Regen von einiger Stärke strömen aus diesen Oeffnungen zwei mächtige divergirende Strahlen hervor, die eine so grosse W.-Menge ausspeien, dass in kurzer Zeit das Thal überschwemmt ist. Der Anblick dieser kolossalen Wasserkunst ist ungemein grossartig u. dem Springen des Quells geht ein donnerähnliches Geräusch voran. Tobt der Wasservulkan einige Minuten lang, so werden Bäume entwurzelt u. Häuser mit fortgerissen. Dauert der Regen lange, so hört die Qu. des Bouley auf zu springen u. der Gourg auf der andern Seite des Berges beginnt zu toben. Letzterer wird mit dem Geyser verglichen. Eine senkrechte W.-Säule von 3 F. Durchmesser u. 20 u. mehr Fuss Höhe steigt mit donnerndem Getöse aus dem Felsboden hervor. Die Menge des ausgespieenen W. ist so gross, dass die Ufer des Baches dieselbe nicht fassen können u. es sich mit Ungestüm über das Thal ausbreitet. Oft dauert ein solcher Ausbruch einen halben oder ganzen Tag; sobald er aufhört, fängt der Bouley wieder an zu springen. Auf diese Weise wechseln die beiden Springqu. 4 bis 5 Tage lang miteinander, aber immer beginnt der Bouley zuerst.

§. 59. Zeitweises, nicht periodisches Versiegen der Wässer.

Omnia incerta ratione et in naturae majestate abdita. Plin.

Durch gewisse unbekannte Veränderungen, die den Erdbeben nicht selten vorangehen u. durch Erd-Arbeiten können die Qu. ein zeitweiliges Versiegen erleiden, das nicht zu den periodischen Erscheinungen gehört, wovon bereits oben Rede gewesen ist.

Versiegen der Quellen vor Erdbeben. Schwierig zu erklären ist das oft beobachtete Vertrocknen der gemeinen Brunnen vor einem vulkanischen Ausbruche oder vor einem Erdbeben; es scheint hier eine allmälige Verdunstung des W. durch gesteigerte Erdwärme vor sich zu gehen oder es hat das Versiegen in vorhergegangenem Mangel an Regen oder im Entstehen neuer Risse seinen Grund oder es fand vielleicht durch irgend eine Ursache (W.-Druck?) Durchbohrung einer wasserdichten Schicht u. darauf ein Eindringen von W. an heisse Stellen in der Erde statt, wodurch Dämpfe entwickelt werden u.

durch deren Spannung eine Explosion erfolgen musste. Nur ist im letztern Falle nicht gut erklärlich, wie es geschehe, dass später die Quellen wieder erscheinen. »Unter den Beobachtungen, so die neapolitanischen Naturforscher bei den Ausbrüchen des Vesuv gemacht haben, findet man gewöhnlich die von Hamilton u. andern Fremden bestätigte, dass sich das W. der benachbarten Qu. u. Brunnen vermindere, wenn die Thätigkeit des Vulcans beginnt. Wollte man diesen Umstand daher leiten, dass durch die vulcanischen Bewegungen den Wassern andere Abführungs-Canäle gegeben würden, so bliebe die Beantwortung der Frage über, woher es komme, dass sie zur Zeit der Ruhe ihren alten Lauf wieder erhalten. Auch bemerkt Monticelli sehr richtig, dass man bei jener Hypothese allen, an den verschiedenen, meilenweit von einander entfernten Orten vorhandenen Qu. einen u. denselben Ursprung zuschreiben, oder dass man annehmen müsse, dass die verschiedenen W.-Behälter, aus denen sie entspringen, sich zufällig zu gleicher Zeit öffneten: zwei Hypothesen, die gleich unwahrscheinlich sind. Es folgt hieraus, dass die natürlichste Erklärung stets die bleibe, es sauge das Innere des Vulcans jene auf der Erdoberfläche verschwindenden W. ein. Die durch die Verbrennungen erregte Hitze dehnt in den Höhlungen die Luft aus, u. treibt sie aus denselben fort (? Ref.); es entsteht so ein leerer Raum, u. dieser zieht auf gleiche Art die benachbarten W. an, als ein Windofen die äussere Luft anzieht.« (Breislak Geol. III.)

Einige Stunden vor dem ersten der Erdstösse, welche die Stadt Blisa zerstörten, waren alle Qu. u. Brunnen leer geworden. — Vor dem Ausbruche des Vesuvs 1794 vertrockneten nach Hamilton mehrere Brunnen u. vor dem im J. 1822 nahmen die Qu. zu Resina, St. Jorio u. besonders in den um den Vesuv gelegenen Orten sichtbar ab, obschon es fortwährend regnete (Monticelli). Viele Monate vor dem Ausbruche im Dez. 1813 verminderten sie sich trotz vorhergegangenen häufigen Regnens fortwährend. Erst im November nach der ersten Eruption begannen die Wässer wieder zu steigen. — In Algier sollen 1823 vor einem Erdbeben die Qu. versiegt sein. — Es wird auch angegeben, dass 1825 am 2. März einige Stunden vor einem Erdbeben alle Qu. u. Brunnen wasserleer geworden seien, dass ähnliche Vorgänge am 27. Juli (welchen Jahres?) zu Orsovomarso in Calabrien, am 28. Dez. 1830 2 Tage vor einem Erdbeben an den Qu. zu Bubenheim bei Koblenz u. sogar einige Wochen vor dem Erdbeben, welches Liskoli betraf, an dortigen M.Qu. beobachtet worden seien. — Das Nichtfliessen einer kalten Schwefelqu. auf Chios soll den Erdstössen vorhergehen. — (Auch die Bemerkung von Elie de Beaumont, dass das Steigen der Brunnen beim Eintreten von Erdbeben eine Anomalie sei, bezieht sich, wenn ich das Referat recht verstehe, auf Veränderungen der Qu. vor dem Erdbeben.) —

Versiegen von Sauerwässern nach Aufdeckung neuer höherer Quellen. Dass Qu. versiegen, wenn andere an tiefern Stellen eröffnet werden, erklärt sich leicht aus ihrem hydrostatischen Zusammenhange; das Gegentheil, dass höhere Ausbrüche auf niederiger gelegene schwächend einwirken, ist ungewöhnlicher u. schwieriger zu erklären. Es scheint, als ob bei schnell aufsteigenden Wässern zuweilen ein Ansaugen von W., welches ausserhalb des Hauptkanales liegt u. welches einen tiefern Abfluss hat, stattfände. *)

*) Es ist dies ungefähr dasselbe Verhältniss, wie wenn ein über das zugespitzte Ende einer Röhre wegstreichender schneller Luftzug die Luft in der Röhre

„Ein solches Verhältniss findet höchst wahrscheinlich zwischen dem grossen Soolsprudel zu Nauheim u. der frühern Trinkqu. statt, die beim gewaltsamen Emporbrechen des Soolsprudels die auffallende Erscheinung darbot, dass sie plötzlich versiegte, indem ihr Niveau sich um 8 F. gesenkt hatte. Bestände eine offene Communication zwischen den beiden Qu., so hätte beim Aufsteigen der spezifisch schwereren Soole der neuen Qu., diese zum Theil in den Canal des Trinkbrunnens abfliessen, u. solche zum stärkern Ueberwallen bringen müssen. Statt dessen findet Ueberströmen aus dem Trinkbrunnen in den Soolsprudel Statt, in welchem sich doch die schwere Soole ungefähr um 30 Fuss über das jetzige Niveau des Trinkbrunnens erhebt. Auch kann man nicht annehmen, dass die Abnahme der Trinkqu. von einer durch das Hervorbrechen des grossen Sprudels herbeigeführten, geringern innern Spannung herrühre. Denn, abgesehen davon, dass ein Niveauunterschied von 30 F. bei so nah neben einander liegenden Qu. kaum möglich erscheint (besonders da an dem alten Sprudel in einer kaum 4fachen Entfernung durchaus kein Einfluss mehr bemerklich war), so hätte hierdurch auch nothwendig eine Aenderung in der Mischung der Trinkqu. entstehen müssen. Wäre nun etwa durch Abnahme des innern Drucks die aus grosser Tiefe aufsteigende Soole weniger reich dem Quellengang des Trinkbrunnens zugeführt, so hätte zwar eine Abnahme desselben eintreten müssen, da der Zufluss des jedenfalls aus viel geringerer Tiefe stammenden reinen Quellwassers keine Aenderung erfahren konnte. Es würde dann aber auch der Salzgehalt bedeutend verringert sein, indem sich hierdurch das Verhältniss des süssen W. zur Soole sehr vergrössert. Da man jedoch auch lange Zeit nachher durchaus keine auffallende Aenderung wahrgenommen hat, so bleibt nur obige Erklärung dieser interessanten Beobachtung übrig."

„Die 130 F. tiefe Verröhrung des Sprudels beweist, dass die Verbindung beider Qu. erst in beträchtlicher Tiefe existirt, da sie sonst hierdurch abgeschnitten sein würde, was für die Erklärung im vorliegenden Fall noch insofern wichtig ist, als in geringerer Tiefe die im W. gelöste freie Kohlensäure, durch ihre Entbindung, erwähnten Vorgang verändert oder selbst verhindert haben würde. Hiernach fliesst also alle Soole, welche früher der Trinkbrunnen lieferte, in den grossen Soolsprudel ab; dieser wäre also als ein Produkt der Vereinigung der alten Trinkqu. mit unvermischter Soole zu betrachten. Diese Annahme setzt voraus, dass die Temperatur u. Concentration derselben herabgestimmt werden muss, was denn auch von der Beobachtung vollkommen bestätigt wird." (C. Bromeis.) Vgl. die Anm. zu S. 203. *)

§. 60. Verwerfung der Quellmündung und Trübung der Quellwässer durch Erdbeben, vulkanische Ausbrüche und ähnliche Natur-Ereignisse.

> Es begibt sich manchmal, dass solcher Wassergängen ein abschneiden geschicht, als so einer ein Baum ein Ast abhiebe: Solchs beschicht durch den Erdbidem, oder verfallen der Cataracten. Paracelsus.

Die Veränderungen, welche einzelne Qu. durch Erdbeben erleiden, sind verschiedener Art: Verminderung oder Vermehrung der W.-Menge oder

---

verdünnt u. fortzieht. Taucht dabei das untere Ende dieser Röhre in W., so stellt sich dieses in derselben höher als ausserhalb u. das W. kann gar, wenn das obere Ende capillarisch fein ist, oben austreten. Man hat diese Einrichtung zur Zerstäubung von wässeriger Flüssigkeit, die inhalirt werden soll, benutzt.

*) Eine grosse Verschiedenheit in der Höhenlage der Niveaus verhindert nicht, dass die verschiedenen Quell-Aeste unter sich in hydrostatischem Zusammenhange stehen, wie folgendes Beispiel zeigt.

„Etwa 50 F. oberhalb des Gemeindebrunnens zu Burgbrohl wurde unter einer Decke von 9 F. Eisenocker eine wasserreiche Sauerqu. mit bedeutender Kohlensäure-

der Wärme, Trübung des Wassers, Abänderung der chemischen Beschaffenheit. Mehrere dieser Erscheinungen sind bereits zur Sprache gekommen; es bleibt hier noch die theilweise oder gänzliche Verwerfung der Quellwege durch Erdstürze, welche das Erdbeben veranlasst, u. das durch solche Einstürze oder durch die Aufrüttelung der W.-Masse bewirkte Trübewerden der Quellen zu erwähnen.

Das Vermindertwerden oder Aufhören der Quellen nach Erdbeben bedarf kaum einer Erklärung; es ist aller Wahrscheinlichkeit nach in den meisten Fällen abhängig von der Zerstörung der Quellwege durch Einfallen der Erdschichten, zuweilen auch von Entstehung neuer Höhlungen, die das W. auszufüllen hat, oder neuer Quellwege oder vom Ausbruche von Gasen, die zur Hebung des W. früher beitrugen *), wogegen in andern Fällen die neuen Ausbrüche erst die Folge von der Verstopfung der frühern sind.

Gemeine Wässer. „Clitumni fons et fluvius in Umbria terrae motu anno 446, quo per 6 menses Constantinopolis et pene totus orbis quatiebatur, ut narrat Nicephorus (Hist. XIV, c. 46) magnam suarum aquarum partem amisit, ut pluribus rationibus probat Bernardinus (Hist. Spoletinae I, l. VII); at terrae motu anno 1695, quae Balneoregium, civitas provinciae patrimonii, dirutum fuit .... tremuitque pene Gallia Cisalpina, quamplures amissas aquas recuperavit.“ (*Baglivi.) — Bei einem starken Erdbeben ums J. 870 sollen alle nahe Qu. versiegt sein. — Bei einem Erdbeben zu Tanger (18. Febr. 1755) verloren die Brunnen 24 Stunden lang alles W., welches aber wiederkam, als man wieder gelindere Erschütterungen wahrgenommen hatte. Nach anderer Nachricht sollen alle Qu. der afrikanischen Küste, namentlich bei Fez, durch das Lissabonner Erdbeben versiegt sein. — Beim Erdbeben von 1838 sollen in der Wallachei viele Brunnen ihr W. verloren haben u. nach einer neuern

---

Entwickelung angetroffen. Man hatte vorher das Brodeln des Gases in der Tiefe gehört. Das W. mit dem Gase kam aus einer Kluft zwischen einem Sphärosideritlager u. wildem Trass in fast horizontaler Richtung hervor. Man verfolgte diesen Kanal mehr als 12 F. weit gegen den Bergabhang hin, ohne ein senkrechtes Aufsteigen des Gases zu finden; wahrscheinlich zog er sich noch weit in dieser Richtung fort. Der Gemeindebrunnen floss schwächer aus, hörte endlich ganz auf, als hier unter sein Niveau abgeteuft war u. erschien erst wieder, als der Ausfluss der neu getroffenen Qu. höher gelegt wurde. Beide Qu. stehen in Verbindung u. auch beim Gemeindebrunnen dringen W. u. Kohlensäure-Gas in horizontaler Richtung hervor. Das aus einer Kluft im Devonschiefer aufsteigende Kohlensäure-Gas verzweigt sich durch Querklüfte u. wird auf weite Strecken horizontal oder in wenig geneigter Richtung fortgeleitet. Die an verschiedenen, oft weit von einander entfernten Punkten auftretenden Kohlensäure-Exhalationen können daher aus einer u. derselben in die Tiefe niedergehenden Kluft hervorkommen. Aber in diesen Kanälen bewegt sich nicht blos Gas, sondern W. u. Gas gemeinschaftlich u. das letztere sondert sich immer mehr ab, je näher die Kanäle an die Oberfläche kommen u. je mehr der hydrostatische Druck in denselben abnimmt.“ (v. Dechen Geogn. Führ. z. Laach. See; 1864.) Die neue Qu. hatte sich durch Sphärosiderit-Bildung ihren Ausgang wahrscheinlich selbst versperrt u. zur Entstehung des Gemeindebrunnens Veranlassung gegeben.

*) „Saepe motu terrarum itinera turbantur et ruina interscindit aquas, quae retentae novos exitus quaerunt et aliquo impetu faciunt aut ipsius quassatione terrae aliunde alio transferuntur.“ (Seneca.) Den alten Schriftstellern waren derartige Wirkungen der Erdbeben also wohl bekannt. Ovid (Metam. XV, 270) gedenkt derselben: „Hic fontes natura novos emisit ac illic clausit et antiqui tam multa tremoribus orbis flumina prosiliunt aut excaecata residunt.“ Plinius citirt als Beispiel eine am Fonia-See mehrmals bemerkte Erscheinung. „Terrae motus profundunt sorbentque aquas, quod circa Pheneum Arcadiae quinquies accidisse constat.“

Nachricht auf Euböa zur Zeit eines Erdbebens die Quellen ausgeblieben sein, so dass die Leute kaum W. fanden, um den Durst zu löschen. (*Arch. d. Pharm. LXXVI, 27.) — Die berühmte Qu. des h. Jakob auf dem Ararat veränderte seit dem Erdbeben von 1840 ihren Lauf u. tritt jetzt an einer andern Stelle aus den Trümmern des letzten Ausbruches hervor. Vgl. unten. — Zu diesen wenigen Beispielen, die citirt werden, lassen sich noch unbestimmte Angaben über Verminderung der Qu. vor oder bei den Erdbeben der Jahre 1663, 1747 u. 1783 zufügen. Wenig historischen Werth darf man auch einer Stelle bei *Strabo zulegen; er erzählt (wie es scheint nach dem 80 v. Chr. lebenden Physiker Posidonius) durch jenes Erdbeben, welches nach Plinius einen Theil von Euböa mit seinen Städten ins Meer versenkte u. von welchem besonders Griechenland, weniger Syrien, erschüttert wurde, seien nicht nur die Quellen der Arethusa in Chalkis verstopft worden u. dieselben erst nach vielen Tagen an einem andern Orte wieder hervorgekommen, sondern die Erschütterungen der Insel hätten nicht eher aufgehört, als nachdem sich auf dem Felde von Lelantus ein Erdschlund öffnete, aus dem ein Strom heissen (διαπυρον) Schlammes hervorbrach. Dann führt er noch aus dem Werke eines Historikers an, der grösste Theil der östlich von Euböa gelegenen Inseln sei damals untergegangen, die warmen Quellen von Aedepsus u. von Thermopylae seien erst nach dreitägiger Unterbrechung wieder geflossen. u. zwar seien die von Aedepsus an einem andern Orte hervorgekommen. Das Erdbeben warf blos in einer Stadt auf Euböa 700 Häuser um u. erstreckte sich über Lokris, Phokis, Thessalien etc.. Auch die Quellen mehrerer Flüsse standen theils mehrere Tage still, theils nahmen sie einen andern Lauf, was auf Erhebungen u. Senkungen des Bodens hindeutet.

Man hat Grund, die von Erdbeben bewirkten Veränderungen der Mineral-Wässer, namentlich der Sauerwässer, u. besonders der Thermen, welche aus entfernten Erdtiefen, dem Ausgangspunkte der Erdbeben näher hervorkommen, abzusondern von dem Versiegen gemeiner Wässer.

Salzwässer. Zwei Qu. von Salins im Montblanc-Departement sollen zur Zeit des Lissabonner Erdbebens 2 Tage ausgeblieben sein. — Im Juni 1834, als ein Theil von S. Martha an der Küste des antillischen Meeres durch ein heftiges Erdbeben zerstört wurde, erlitten auch die Qu. der Saline El Quarzo eine Erschütterung, wodurch diese auf kurze Zeit verschwanden u. sehr geschwächt zurückkehrten. (Degenhardt Ueb. d. Salzqu. d. Prov. Antioquia in Karst. Arch. XII, 1838.)

Sauerwässer. Wohl mit Unrecht wurde das Ausbleiben der Wiesenqu. zu Franzensbad am 3. April 1832 einem gleichzeitigen Erdbeben in Italien zugeschrieben. Vgl. S. 209.

Thermen. Ein heftiges Erdbeben, das im J. 1660 zu Paris empfunden wurde u. sich bis nach Spanien ausdehnte, vertilgte einige warmen Qu. (welche?), die auch nachher nicht wieder zum Vorschein kamen. (Physik. Betracht. v. d. Erdbeb. 1756.) Bei dem Erdbeben, das im J. 1660 in den Pyrenäen herrschte, entstanden tiefe Schlünde, wurden Flüsse ausgetrocknet, fielen Berge zum Theil um u. wurden sehr heisse W. plötzlich in kalte verwandelt. (*Kircher.) Ueber das Kaltwerden warmer Qu. durch Erdbeben s. S. 40. — Nicht minder zweifelhaft als dieses Referat u. das von Strabo, insofern es sich auf Thermal-W. bezieht, sind einige andere der hier zunächst angeführten. Zu Aegina schrieb man das bis zum Sickern verminderte Ablaufen eines früher als Therme bezeichneten Wassers, welches aber beim Nachschürfen wieder reichlicher hervorkam, auf Rechnung eines 10 Tage vorher (!) stattgefundenen Erdbebens. — „Calidae Tripergulanae ad lacum Avernum nuper propter terrae motum defecerunt.“ (Autor?) — Die Qu. des Grossbades zu Magyarad soll nach einem Erdbeben wasserärmer geworden sein. — Ein Ausbleiben nach einem Erdbeben wurde auch an den Thermalwässern von Trentschin in Ungarn bemerkt. — Die Quellen von Alexandria Troas sollen in den sechziger Jahren des 18. Jahrhunderts ganz ausgeblieben u. erst nach 9 Jahren wiedergekommen sein. — Das Versiegen der Thermen zu Brussa im J. 1845 wurde mit dem Erdbeben, welches damals die Stadt Magnesia zerstörte, in Verbindung gebracht. (*Perry Mém.... trembl. 1848.) Bei der Zerstörung, welche Brussa selbst erlitt, im J. 1855, versiegte die Qu. des Neubades ganz: es war dies aber wohl nur die

Folge eines hydrostatischen Zusammenhanges mit einer andern Qu., deren Ausgänge erweitert wurden; nämlich zu gleicher Zeit überschwemmten die zahlreichen Qu. zu Tschekirieh bei Brussa den Ort u. machten ein eiliges Anlegen von Abzugskanälen nöthig. Es wurde auch die Neubadqu. durch tieferes Nachgraben wiedergefunden u. sie dient seitdem wieder zum Bade. — Eine an den Thermen von Teplitz im J. 1755 beobachtete Erscheinung hat einen sehr zweifelhaften Zusammenhang mit dem Lissabonner Erdbeben.*) — Die Qu. La Perrière von Brides (36°) soll 1775 (ich glaube nach einem Erdbeben) 2 Tage zu fliessen aufgehört haben, dann aber reichlicher, aber mit geringerem Salzgehalte wiedergekommen sein. — Ein ähnliches Versiegen im J. 1845 wird von Qu. zu Liskoli (?) erwähnt. Diese, u. die Quellen in den Bergen von Viajan auf St. Domingo, welche seit dem Erdbeben vom J. 1751 nicht mehr bestehen, gehören auch wohl zu den Thermen. —

Die genaue Musterung der Erzählungen, welche sich auf das zeitweilige oder dauernde Verschwinden von Quellen tiefern Ursprungs durch Erd-Erschütterungen beziehen, zeigt, dass derartige W. selten davon in ihrem Laufe gehemmt werden, wenigstens sehr selten für die Dauer. Im Gegentheile ist die Erzeugung neuer Quell-Ausbrüche durch Erdbeben (§. 47) eine viel beglaubigtere Thatsache, wie auch das Wärmerwerden von Qu. durch Erdbeben (S. 44) häufiger vorkommt, als das Kälterwerden durch solche (S. 40). Selbst von gemeinen Wässern scheint das Ausbleiben nach Erdbeben auch nicht häufig constatirt zu sein.

Nichts ist natürlicher, als dass manche Erdbeben entweder gar nicht auf die Qu. wirken, die im Erschütterungskreise liegen, oder sie doch wenigstens nicht dauernd verändern.

Die Adelheidsqu. zu Tölz veränderte sich zur Zeit eines entfernten Erdbebens nicht, während auf den dabeiliegenden Walchersee dessen Stösse die lebhaftesten Einwirkungen äusserten. — Ein Erdstoss zu Schwalbach am 9. Juli 1846 hatte nicht den mindesten Einfluss auf die dortigen Qu.; die Wasserschöpfer

---

*) Als am 1. Nov. 1755 gegen 12 Uhr der Bademeister nach seiner Gewohnheit das Haupt- oder Bürgerbad besichtigte, in welchem sich eben 3 badende Personen befanden u. von ungefähr auf die „Röhren, wo das W. seinen Ursprung herleitet, gesehen, hat er wahrgenommen, dass solches ganz trüb gewesen, auf einmal aber ausgeblieben; kaum wenige Minuten hernach ist es aber ganz blutroth u. gewaltig dick wieder hervorgequollen." (Die Röhren hatten sich also durch Ocker verstopft: L.) Der Bademeister fing von diesem W. einige Kannen auf u. brachte es dem Primator, der sich sogleich mit ihm zum Bade verfügte. Nach 1/4 Stunde hatte sich das W. wieder völlig aufgeklärt u. war dann ferner so klar u. warm, wie vorher, nur quoll es viel stärker; wenn nämlich sonst die abgelassenen Bäder 8 Stunden Zeit zum Füllen erforderten, so wurden sie jetzt in 4 Stunden vollkommen gefüllt. Auch konnten, weil sowohl im Haupt- als in den andern Nebenbädern alle Röhren weit stärker, als vorher liefen, die Müller jetzt 2 Strich Früchte mehr als zuvor mahlen. (*Physik. Betracht. üb. Erdbeben; 1756.) Allmälig scheint diese Thatsache etwas ausgeschmückt worden zu sein. Pansa (1784) gibt an, der Sprudel sei am 1. Nov. um 11 Uhr 5 1/4 Minuten lang gänzlich ausgeblieben, worauf unter heftigem Brausen u. Sausen das W. ganz roth gefärbt gewaltsam hinausgeschossen sei, so dass in kurzer Zeit sämmtliche Bäder Blutbädern ähnlich gewesen; nach etwa 3/4 Stunden aber soll es allmälig in seiner normalen Quantität u. ungefärbt hervorgekommen sein; wogegen an anderer Stelle bemerkt wird, das W. soll seit dieser Zeit häufiger fliessen u. (p. 173) die ganze Vorstadt habe einem Teiche geglichen, worauf man mit Kähnen habe fahren können, u. das W. habe dort einen rothen Satz zurückgelassen. Die Schönauer Qu. hätten keine Veränderung erlitten. Die Angaben über das Ausbleiben des W. variiren in den Nachrichten von 1 bis zu 7 Minuten.

bemerkten keine ausserordentliche Bewegung noch sonstige Veränderung. — Auf die Emser Thermen wirkten, so viel bekannt, Erderschütterungen, namentlich die vom 22. März 1841 nicht ein. — Bei einem leichten Erdbeben (vom 29. Juli 1846) wurde zu Wiesbaden im Römerbade u. im Spiegel keine Veränderung am W. sogleich nachher bemerkt; Höhenstand u. Wärme blieben wie vorher (*Müller). — Am 7. April 1859 wurde zu Plombières ein ziemlich heftiges Erdbeben beobachtet, ohne dass Ergiebigkeit oder Temperatur der Thermen, welche vom Ingenieur Jutier sogleich untersucht wurden, davon beeinflusst wurden. — Das Lissabonner Erdbeben veränderte die Thermen zu Aachen nicht, obwohl vielfache Erschütterungen dort bemerkt wurden. *) — Weder im J. 1755, noch während des Erdbebens zu Isernina blieb der Karlsbader Sprudel aus (*Reuss). — Trotz der Heftigkeit der Erschütterungen litten die Qu. von Aix ebensowenig wie die von Allevard in der Dauphiné.

Trübewerden durch Erdbeben (mit weisser, schwarzer oder rother Färbung des W.) gehört indess zu den öfter beobachteten vorübergehenden Erscheinungen u. ist sowohl bei kalten Qu. als bei warmen beobachtet worden. Die Erklärung fällt nicht schwer. Durch Vermehrung der Gase oder des Wassers werden in den Quellen u. Quellwegen befindliche Stoffe (Schlamm, Ocker, mikroskopische Gebilde etc.) aufgerührt u. hinausgeführt oder es wird durch das Einfallen von Erdmassen das W. getrübt.

Mehrere Beispiele sind in der Hydro-Chemie (S. 469) u. in diesem Buche (S. 40) verzeichnet, zu denen man noch folgende zufügen kann. Als eine Merkwürdigkeit wird erzählt, dass ein Erdbeben (15. Sept. 1754?) zu Husewig das sonst süsse klare W. eines Baches in ein milchfarbiges, dickes u. mineralisches W. verwandelt habe. (*Phys. Betr. üb. Erdbeb.; 1756.)

Die Schwefelqu. von Aix wurde trübe u. kälter bei den Erdbeben von 1755, 1783 u. 1822, aber nicht bei vielen andern Erdbeben, z. B. bei denen von 1841 zu Aix u. bei 109 andern in der Maurienne vom 19. Dez. 1838 — 18. März 1840. — Im März 1843, zu gleicher Zeit als ähnliche Beobachtungen zu Bagnères gemacht wurden, trübten sich die Qu. von Ussat u. setzten einen Niederschlag von kohlens. Kalk u. Kiesel ab. Die Wärme verminderte sich um 0°8 u. ein momentanes Steigen der Ergiebigkeit u. der Gasentwicklung trat ein (J. François). Vom 19. Juli bis 8. Aug. 1854 wurden die Pyrenäen von einer fast ununterbrochenen Reihe von horizontalen, von O nach W gerichteten u. von vertikalen Stössen beunruhigt, die sich auch an den Thermen von Bagnères, Gazost, Cauterets u. Barèges bemerklich machten; zu Bagnères trübte sich die Quelle Salies; zu Gazost trieb mehrere Tage eine schwarze, organische, mit Schwefeleisen beladene Materie hervor.

Explosionen von Salsen u. Schlamm-Ausbrüche sind zuweilen die Ursache von ähnlichen Verwerfungen der Quell-Ausgänge; doch ist aber hier auch das Entstehen neuer Ausgänge für die Gase u. Dämpfe nicht zu übersehen, um so mehr, als öfters derartige, mit Salsen in Verbindung stehende Quellen von der Spannung der Gase u. Dämpfe gehoben zu werden scheinen. **)

---

*) Wenigstens veröffentlichte der Magistrat das Resultat einer am 26. März 1756 auf seine Anordnung „vermittels all ersinnlichen bei dergleichen üblichen Proben vorgenommenen Analysis oder physikalischen Untersuchung", derzufolge die Mineralwässer, wie er sich ausdrückt, „nicht allein die nembliche Gradus Caloris, sondern auch alle von allzeit damit verknüpfte Virtutes u. Heilungskräften, wie a Saeculis, ohne der geringsten Alteration bis auf heutige Stunde beibehalten u. conserviret haben, auch daran nicht der mindeste Abgang verspürt worden."

**) In dem Luftvulkane (Salse) von Cumacater, südwärts von San Jose u. Carupano u. zwischen der Montanna di Paria u. der Stadt Caracio, hört man beinahe anhaltende Detonationen. Schwefelthermen drängen sich aus dem thonigen Boden mit solcher Heftigkeit hervor, dass dieser durch die Stösse merklich erschüttert wird. (v. Humboldt.)

Schon die nach Strabo erzählte Begebenheit war von Schlamm-Ergüssen begleitet. — Das verheerende Erdbeben, welches mit der Stein-Eruption des Ararat im J. 1840 zusammenfiel, soll die Folge gehabt haben, dass gegen 30 Qu. im Nachitschewan'schen Bezirke für eine Zeit lang das W. verloren. Auch hier folgten Schlamm-Ausbrüche. (Wagner in *Augsb. allg. Ztg. 1843, 1663.) — Wenn die Salse von Monte Zibio explodirt, was alle 15—20 Jahre geschieht, dann versiegen die umherliegenden Naphtha-Qu. ganz oder fast ganz eine Zeit lang. Diese Qu. sind vom Hügel der Salse ½ Miglie entfernt; nahe ihnen ist ein Ort Lame, wo eine perennirende Salzqu. von Zeit zu Zeit Thon-Schlamm auswirft u. noch 2 ähnliche Qu., die Thon oder Erde, die nach Naphtha riecht, auswerfen u. noch andere Salzquellen, welche bei bevorstehendem Regen das W. mit mehr Gewalt u. trübe hervorbringen. ½ Miglie östlich von den Qu. von Monte Zibio liegen an einem Hügel des Territoriums von Nirano 15 kalte geräuschvolle Salzqu., wovon einige mit beständigem Flusse, andere mit einem, bis zu einer Minute Dauer unterbrochenem Wasserergusse hervorkommen; alle als Salsen, mit Ausnahme einer Qu., die mit dem W. viel grauen Schlamm auswirft u. einen 4—5' hohen Hügel sich gebildet hat; diese Salsen scheinen wenig Naphtha mit sich zu führen. (*D. Vandelli.)

Die grossartigen Zerstörungen u. Wärme-Wirkungen, welche wir als vulkanische Ausbrüche bezeichnen, sind häufig die Ursache des Versiegens benachbarter Quellen.

Am 13. Nov. 1646 entstand eine Oeffnung auf der Insel Palma bei Tigalate; zwei andere bildeten sich am Ufer des Meeres. Die aus diesen Oeffnungen fliessenden Laven vertrockneten die berühmte Fuente santa oder Foncaliente, deren M.W. Kranke herbeizogen, die selbst von Europa dahin kamen. (*v. Humboldt, Reise in die Aequinoct.-Geg. I.) — Warme Quellen verschwanden nach einer der letzten Eruptionen des Ternate. (Schwann in *Zeitschr. f. niederl. Indien.)

§. 61. Versiegen der Quellen.

Omnis humor natura ad inferius et inane defertur. Seneca.

Das Versiegen hat mehrere Ursachen, z. B. Ausrottung der Wälder u. daher schnelleres oberflächliches Abfliessen der W. (§. 28), Aenderung oberflächlicher Wasserläufe, bei artesischen Brunnen auch wohl eine Erschöpfung des W.-Vorrathes, Einschränkung oder Trockenlegung von See'n u. Teichen, Zerstörung der Quellwege durch Einstürze, Versinken des W. durch Löcher, welche durch den Druck oder die auflösende Kraft des W., durch Erdrevolutionen entstanden, oder durch die Kunst herbeigeführte Durchbohrung der wasserdichten Unterlage, Ablagerungen von Thon, Sand u. dgl., u. bei den urweltlichen, noch sichtbaren Quellwegen Ablagerungen von Kieselsäure, Erzen etc.. Die urweltlichen Quellen wurden in der Hydro-Chemie besprochen. Einer weniger entlegenen Epoche gehören auch viele der durch Sinter-Bildung verstopften Quellen an, wie sie sich z. B. in Island vorfinden.

»Brechen solche Qu. in Folge ihres stets wachsenden hydrostatischen Druckes an tiefern Punkten hervor, so verschwinden sie an ihrem ursprünglichen Orte ganz, oder zeigen die Spuren ihrer frühern Thätigkeit nur noch in den verschütteten Vertiefungen ihrer oft mächtigen Kieseltuffablagerungen, auf denen die Quellenthätigkeit erloschen oder dem Erlöschen nahe ist. Unter den vielen Beispielen, welche sich für diese Vorgänge aufweisen lassen, will

ich nur das Terrain des grossen Geysir erwähnen. Die mächtigen Kieseltuffablagerungen mit ihren kaum noch sichtbaren Quellvertiefungen, welche sich daselbst hoch am Abhange des Bjarnarfell entlang ziehen, deuten auf solch' eine frühere grossartige Quellenthätigkeit hin, welche bereits jene letzte Entwicklungsperiode durchlaufen hat, mit der diese Erscheinungen wieder vom Schauplatz ihrer Wirksamkeit verschwinden. Weiter abwärts, oberhalb des gegenwärtig in voller Thätigkeit begriffenen Quellenbezirks, erblickt man noch mehrere solcher mit heissem W. erfüllter Behälter, in deren Tiefe man noch die alten Geysirmündungen hindurchschimmern sieht, über die sie sich durch den stets anwachsenden Kieselabsatz im Laufe der Jahrhunderte aufgebaut haben. Diese Quellen, die sich an vielen Orten Islands, besonders ausgezeichnet aber zu Reykir, wiederholen, sind von unbeschreiblicher Schönheit. In der Tiefe der klaren aquamarinblauen, durch kein Aufwallen getrübten W.-Masse dieser Becken, aus denen ein leichter Dampf sich erhebt, erblickt man am Boden, inmitten der phantastischen Formen weisser Stalactitenwände, die dunkeln Umrisse der einst den Mund eines Geysirs bildenden Oeffnung, die sich in einer dem Auge unerreichbaren Tiefe verliert. Nirgends tritt die schöne grünlich blaue Färbung des Wassers in grösserer Reinheit auf, als in diesen Quellen.« (Bunsen.)

Nicht selten ist es noch möglich, solche durch Sinter abgeschlossene W. durch Anlegung von Bohrlöchern wieder ans Tageslicht zu führen.

§. 62. Das Aufsuchen verborgener Quellen.

> Non ab re sit quaerendi aquas iunxisse rationem; reperiuntur in convallibus maxime, et quodam convexitatis cardine aut montium radicibus. Plinius.

Literatur: Descosse Découv. des sources; Marseille, 96 p., a. 186. — *Paramelle L'art de découvrir les sources; 1856.

Schon im Alterthume hat man gewisse Zeichen angegeben, woran sich verborgene Quellen verrathen sollten. Cf. Plinii H. N. XXXI, 3, Vitruv VIII, 1, Pallad. u. Andere. Diese Zeichen, mehr die Feuchtigkeit des Bodens als das Dasein unterirdischen Wassers anzeigend, hatten fast keinen wissenschaftlichen Werth. Das laufende Jahrhundert hat eine ganze Reihe von Quellensuchern aufzuzählen. Man kann nicht von allen sagen, dass sie frei von Charlatanerie seien.

Schon im *Journ. d. Pharmac. 1808 theilt Apotheker Strauss in Aschaffenburg seine Beobachtungen über einen Abbé Ries mit, welcher das Vermögen besessen haben soll, mit einer metallenen Wünschelruthe Wasser u. Metalle zu entdecken. Strauss wollte diese Befähigung auch an sich wahrgenommen haben. Er versichert die Wahrheit von ein paar Thatsachen. die jedenfalls sehr merkwürdig sind, aber mehr den Scharfblick des genannten Abbé's als seine ungewöhnliche Befähigung zur Wünschelruthe beweisen mögen. Auf einem dortigen, hochgelegenen Schlosse. das auf einem Felsen lag, wurde auf seine Angaben hin, ein Brunnen gemacht, wobei man 30—40 Fuss Felsen durchbrach u. vortreffliches W. erhielt. Auf einem andern Schlosse hatte man einen tiefen Brunnen ohne Erfolg gegraben, auf den Rath des Abbé's verlängerte man diesen Brunnen nach einem mehrere Schuh davon entfernten Orte u. erhielt reichlich Wasser. Er sagt, dass er eine grosse Anzahl ähnlicher Thatsachen mittheilen könne.

Der vorzüglichste Quellensucher, den es vielleicht je gab, ist der Abbé Paramelle, dem Frankreich die Eröffnung unzähliger Qu. verdankt. Durch vieljährige

Reisen u. Beobachtung aller geologischen Umstände, der Höhe u. der Ausdehnung der Berge, der Neigung der Schichten, anfangs mit Beihülfe von Rechnungen, später unter dem Eindrucke einer zur Gewohnheit gewordenen Anschauung sagte er mit einer an Sicherheit fast gränzenden Wahrscheinlichkeit, die in den letzten Jahren angeblich vielleicht nur in 12 Fällen Einmal irrte, ob an einem Orte u. genau wo eine Qu. zu finden, in welcher Tiefe u. von welcher Grösse sie sei. Paramelle hatte eine solche Uebung in seiner Kunst erlangt, dass er häufig, ½—1 Stunde vom Orte, den er nie gesehen, entfernt, die Lage aller Qu. den Umstehenden genau angab; er sagte z. B. so viel Schritte nach dieser Seite von jenem Baume ist eine offene Qu. von dieser Grösse. Er durchritt in seinem langen Leben bis 1854, wo er 64 J. alt war*), 40 Departements; während 6 Monaten jährlich war er damit beschäftigt, den zu Tausenden ihm zugehenden Anfragen zu genügen. Von den 10275 Angaben, die er machte, glaubt er, dass wohl 8—9000 zur Ausführung gekommen seien, obwohl er nur etwa von einem Zehntel Nachricht erhielt (!). Seine dabei gewonnenen Regeln hat er in einer Schrift niedergelegt. Sie trägt den Stempel der Wahrheit u. schmucklosen Einfachheit.

Ein anderer Quellenfinder ist der Landmann Amy, der den verstorbenen Abbé Paramelle bei seinen Explorationen zu begleiten pflegte. Nach Allem, was man hört, macht Amy seinem Herrn Ehre. Er hat bereits an verschiedenen Orten die ergiebigsten Qu. aufgefunden. So neuerlich noch zu Luzarches; dort gruben Arbeiter vielleicht schon zum zwanzigsten Male einen Brunnen, jedoch immer vergeblich. Amy betrachtete das Terrain u. sagte zu den Arbeitern: „Ihr seid 2 Klafter von dem rechten Orte abseits.“ Man machte sich augenblicklich an's Werk u. in 2 Stunden stiess man auf eine der ergiebigsten Quellen.

Abbé Richard ist erst in den letzten Jahren in Ruf gekommen; er scheint, wie sein Lehrer Paramelle, den er eine Zeit lang begleitet hat, seine Voraussagungen vorzüglich auf gewisse Formations-Verhältnisse zu gründen. Er macht zu seinen Zwecken grosse Reisen in Frankreich u. Deutschland. Eine Zeitungs-Reclame weiss Folgendes zu seinem Lobe zu erzählen. „Für seine der österreichischen Marine durch Anweisung von Süsswasserquellen geleisteten Dienste ist er vom Kaiser (den 17. Jan. 1862) mit dem Ritterkreuz des Franz-Joseph-Ordens decorirt worden. Der Landrath des Koblenzer Kreises, Freiherr von Frentz, hat am 24. März 1862 bekundet, dass die vom Abbé in Metternich bezeichneten Qu. in reichlichem Maasse aufgefunden worden sind u. bereits eine Wasserleitung speisen, welche mehr denn hinreichend W. für die Bewohner des Ortes liefert; ferner hat G. Schlieper zu Elberfeld in Folge der von Richard gemachten Quellenangabe auf den mehr denn 150 Fuss über dem Rheinspiegel gelegenen Höhen, seines bei Kessenich, unweit Bonn gelegenen Gutes „Rosenburg“ nach W. graben lassen u. an der bezeichneten Stelle in einer Tiefe von 30 Fuss so viel W. vorgefunden, um daselbst eine Ziegelbäckerei u. eine Ackerwirthschaft von ca. 60 Morgen culturfähigen Landes in Betrieb zu setzen. Endlich hat J. Rheinen zu Elberfeld auf dem Hof seines Hauses an einer vom Abbé bezeichneten Stelle u. bei einer ebenfalls vorher bezeichneten Tiefe von 56½ Fuss in felsigem Boden eine reichlich fliessende Qu. aufgedeckt.“ Ich habe Gelegenheit gehabt, den Abbé Richard auf einer solchen Tour hierorts zu begleiten. Der Eindruck seines ganzen Wesens ist ein durchaus günstiger. Besondere geologische Kenntnisse verrieth er freilich nicht. Seine Angaben sind sehr bestimmt. Uebrigens lässt er sich seine Wissenschaft ganz gehörig bezahlen.

Auch ein Bergmann Gautherot macht den französischen Abbé's Concurrenz; er gewann durch langjährige Beobachtung u. unermüdliche Geduld in der Untersuchung u. Vergleichung eine Erfahrungsregel, durch welche er bei blosser Anschauung einer Oertlichkeit u. ihrer geologischen Beschaffenheit anzugeben wusste, ob der Boden W. birgt. Zahlreiche Qu. Frankreichs verdanken ihm ihre Entdeckung, z. B. eine zu Sedan. Die Regierung, welche ihm schon 1846 die goldene Medaille gab, schickte ihn nach Algier u. seitdem sprudeln zu Algier, Arzew, Mostagenem, Oran u. andern Orten riesige Quellen. Es wird also in Frankreich bald keine Qu. mehr zu entdecken sein, wenn Paramelle's Schüler sich so vermehren. Neulich verlautete

*) Er lebte noch im J. 1860.

es auch wieder einmal von einem deutschen Quellensucher, dessen Name mir aber entfallen ist.

Das unterirdische W. fliesst nicht willkürlich an gewissen Stellen; es wird durch die Beschaffenheit der geologischen Verhältnisse in seinem Lauf bestimmt. Ob es als Qu. hinaustritt oder nicht, hängt sehr oft nur von der obersten Lage ab, welche nicht selten durch verschiedenartige Naturkräfte oder Menschenarbeit in ihrer ursprünglichen Beschaffenheit verändert ist. Wer die Geologie einer Gegend genau kennt, weiss auch, wo das W. unterirdisch laufen muss.

In manchen wenig gebirgigen Gegenden trifft jede nicht ganz oberflächliche Verwundung der Erdrinde auf W.; dort bedarf es keiner besondern Anleitung um W. zu finden; in andern ist es sehr schwer auf das W. zu stossen, wenn man sich nicht nach den geologischen Verhältnissen richtet. Ein grosser Theil Frankreichs muss so beschaffen sein, dass es für gewöhnliche Arbeiter im Allgemeinen schwer ist, das unterirdische W. zu treffen, wenn man nach dem Rufe urtheilt, den dort die Quellensucher erlangt haben.

Paramelle gibt Folgendes als Resultat seiner Beobachtungen an. Der unterirdische W.-Lauf geht auf der tiefsten Soole des Thales, auf dem Thalwege, in derselben Art voran, wie das durch Menschenhand oder Alluvium noch nicht gestörte oberirdische Wasser. Schwierigkeiten bei der Aufsuchung von Qu. machen verschiedene Umstände, die entweder den Thalweg nicht erkennen lassen, wie in gewissen flachen Thälern der Mangel an Neigung, oder die den regelmässigen W.-Lauf stören, wie das Dazwischenkommen eines Felsblockes, einer Spalte, einer Gasexplosion, oder wie Gerölle, Versinterung, künstliche Ableitung. Wo ein zweites Thal einmündet, macht gewöhnlich der oberirdische Lauf einen diesem mit der Spitze zugewandten Winkel; so ist es auch beim unterirdischen W.-Laufe, der in der Nähe dieses Winkels eine meist schon offene Qu. bildet. Jedes Thal, jede Erdfalte hat eine Quelle. Jeder Vorsprung, dem ein kleiner eintretender Winkel gegenüberliegt oder der einen Halbzirkel am Fusse eines Abhanges bildet, dessen Basis die Thalebene begränzt, verbirgt gewöhnlich eine Quelle; dies ist sicher der Fall, wenn in der Ebene, welche von dem Vorsprunge beherrscht wird, ein Thal oder eine Reihe von Erdfällen grade auf diesen Vorsprung zuläuft. Jedesmal, wenn das Terrain eines Thales so fest ist, dass bei Regengüssen sich ein oberflächlicher Strom bilden kann, geht unter der Erde genau auf der Linie des obern temporären Stroms ein beständiger an allen Punkten, wo der Fuss beider Abhänge zusammenstösst, oder bei Ebenen, dort wo die Thalwände gegen den obern Strom hinneigen. Doch weicht der Strom unter der Erde von dem oberflächlichen ab, wenn die Schichtung beider Thalwände concordirt u. wo eine sanft geneigte Wand unter die abschüssigere der andern Seite taucht; dann hält sich das Erdwasser am Fusse der abschüssigen Seite, selbst auf den Schichten dieser Seite. Der unterirdische Strom tritt oft nur bei Regenwetter an gewissen Stellen seiner Richtlinie aus. Am nächsten der Oberfläche kommt das Erdwasser im Centrum des Thalanfanges oder der Gebirgsfalte, wo das W. sich zuerst sammelt, in jeder Vertiefung des obern Thalweges, am Ausgange des Thales. Je weiter das Erd-W. im Thale gelaufen, um so mächtiger ist es geworden. Am concentrirtesten ist es am

Fusse eines Abhanges, wo es sich noch nicht in einer breiten Alluvialschicht ausgedehnt hat. Solche Alluvien bieten an jedem Punkte W. dar; wechseln dabei lose u. wasserdichte Schichten, so sind mehrere W.-Becken vorhanden. In den Thalebenen verfolgt der tiefe Strom einen viel weniger gekrümmten Weg als der oberflächliche. Wenn ein Gebirgsrücken nach einer Seite seine Schichten neigt, so muss man nie auf der abschüssigern Seite Qu. suchen (es müssten denn die Schichten in eigener Weise gebrochen sein), sondern nur auf der breitern Bergwand. Sieht man jene, so kann man sagen, wo jenseits die Qu. liegen. Steile Abhänge von 2—300 Meter Höhe, die mit einem permeablen Lager von nur wenigen Metern Dicke bedeckt sind u. sonst ein Terrain haben, welches Quellenbildung zulässt, können absteigendes W. haben, aber dies ist unbedeutend. Berge u. Hügel, die ganz aus Thon bestehen, worauf ein Plateau von Jurakalk in genügender Ausdehnung u. 800—1500 Meter Dicke liegt, haben gewöhnlich zahlreiche Qu. am Fusse des Abhanges, der den untern Rand des Plateaus bildet; namentlich ist dies dann der Fall, wenn zwischen dem Kalkdepot u. dem Thon eine Schicht Kalkmergel sich findet. Die meisten dieser Qu. sind aber verborgen. Man erkennt ihre Lage an dem Vorsprunge des genannten Abhanges u. einer ihr gegenüberliegenden Falte im Thone, wenn diese nicht mit Felsgerölle verdeckt ist. Die Falten des Kalkes zeigen den Verlauf zahlreicher, meist kleiner Qu. an. Falten in den Abhängen zeigen die Punkte an, wo die Qu. am reichlichsten fliessen. Bei einem theilweise abschüssigen, theilweise sanften Abfalle einer Falte, suche man dort, wo die Steilheit aufhört; oder man suche, wo die Falte verstreicht. Am günstigsten ist eine Falte, die erst auf dem Abhange beginnt u. nach unten verläuft. Der Fuss einer Thalwand ist für den Quellensucher am günstigsten; besonders sind folgende Stellen zu wählen: die Spitze eines eintretenden Winkels, die zurückgelegenste Stelle eines Vorsprungs in der Thalebene, die Tiefe einer Erdfalte oder Schlucht, wo ihr Thalweg mit dem Fussrande der Thalwand zusammenstösst, die Punkte, wo bei grossem W. das W. hervortritt. Man muss sich dabei hüten auf vorspringende Felsen zu stossen, sondern die Linie suchen, wo jener Rand auf horizontalen Lagen ruht. Vgl. noch S. 122.

Die Tiefe einer Qu. berechnet sich nach der Tiefe des W. in vorhandenen Brunnen, nach der Lage der bei Hochwasser sich zeigenden Wasser-Ausbrüche u. nach der Tiefe der Linie, worin die Thalwände zusammenstossen. Fallen die Thalwände steil ab u. lassen sie eine Spalte zwischen sich, so liegt das W. wohl tiefer als die vermuthliche Linie, worin sich ihre Ebenen schneiden. In den Thalebenen hängt Alles von der Lage der Schichten ab.

Die Masse einer Qu. wird von der Beschaffenheit u. Ausdehnung des Terrains bestimmt. In den Plateaus, die mit Detritus von 2—8 Meter bedeckt sind, der auf einer undurchdringlichen Schicht passender Neigung liegt, fand Paramelle, dass jede Oberfläche von 5 Hectaren (50000 Quadrat-M.) bei gewöhnlicher Trockenheit eine Qu. von etwa 1 Centimeter Durchmesser mit fast 4 Litres W. für jede Min. (2100 K.M. jährlich) gab. Das gilt aber nur von sehr günstigem Boden. —

Der Oberingenieur Belgrand gibt über das Vorkommen der Quellen folgende Auskunft (bei Darcy 122). Im Granit gibt es Quellen sowohl an

den Flanken der Abhänge als in der Tiefe der Thäler. An den Abhängen erkennt man sie von weitem durch die dort herrschende lebhaftere Vegetation, aber besonders durch eine Art Einbiegung des Terrains. In den geschichteten Terrains zeigen sich die auf einer inpermeablen Schicht hinlaufenden Qu. besonders in den Eindrücken der Flanken; die stärksten laufen im Grunde der bedeutendsten Nebenthäler; sehr selten ist eine sehr schöne Qu. auf dem Grunde des Hauptthales. In den ganz permeablen Terrains sind die Qu. immer in der Tiefe der tiefsten Thäler gelegen u. die schönsten kommen gegenüber dem Vereinigungsthale mit dem Nebenthale hervor. Darcy fand durch Aufgrabungen am Vereinigungspunkte der Nebenthäler mit dem Hauptthale, im Kalkgebiete, Wässer, die zum Hauptthale hinliefen in fast kreisrunden Kanälen, die gebildet waren aus Kalkcarbonat, womit der Sand zusammengesintert war.

§. 63. Artesische Brunnen oder Bohrquellen.

> In siccissimis locis putei in altum acti per ducenum aut tricenum pedum spatia inveniunt aquarum uberes venas. Seneca.

Literatur. Berbrugger Les puits artésiens des oasis mérid. de l'Algérie; 2. éd. 1861, 136 p. Garnier De l'art du Fontainier, Sondeur, ou Mém. etc. *Hartmann Prakt. Anleit. zu ... artes. Brunnen; 3. Aufl. 1859. *Franz Arago Sämmtl. Werke VI, 1857, 213—280. Ueber die Fassungen der Homburger Bohrqu. s. Hoffmann Homb. Qu. 1856. Bemerk. über Fauvelle's Methode s. in Uebers. d. Arb. d. schles. Ges. 1846, 223. Karsten Salinenkunde II, 359—387. Rost Deutsche Bergbohr-Schule; 1843. Kind Anl. zum Abteuf. der Bohrl. 1842. Viollet Theor. d. art. Br., dtsch. 1842. Ueb. d. art. Brunnen zu Grenelle s. Minding in Annal. der Struv. Brunnen-Anst. 1842. Ueber die Bohrmethode der Chinesen (Seilbohren) s. Frommann in Polyt. Centralbl. 1835, 831—851. Modena Pop. Anltg. üb. d. Bohrzeug; 1834. Bruckmann Anl. zur Anlage etc. 1833. Meyer Neueste Erfahr. 1833. Spetzler 1832. Poppe, Waldenstein, Jacquain, Boner 1831. *Hericart de Thury 1829, deutsch 1833 (Lehrreich). Garnier 2. Aufl. 1826. Dickson 1826 (engl.). Selbmann 1823. Schimming 1821. Turc 1781. Lehmann 1714. Ramazzini 1695. Palissy Disc. admir. sur la nat. des eaux et font. tant nat. qu'artific. 1580.

Ueber die Geschichte des Bohrens von Brunnen habe ich Einiges in der Balneologie (1863) mitgetheilt, was ich hier ergänzen will. Der älteste Brunnen in Frankreich scheint der des Kartheuserkloster zu Lillers in Artois zu sein vom J. 1126, welcher zu dem Namen „artesisch" Veranlassung gab. Jetzt sind viele erbohrte Springbrunnen in dieser Gegend. Die Kunst des Brunnenbohrens war aber in China, in der Sahara u. besonders im Modenesischen seit langer Zeit bekannt. Cassini bohrte gegen 1650 im Fort Urbino einen Brunnen, dessen W. 15' über die Oberfläche sprang. Zu Amsterdam wurde vor länger als 2 Jahrhunderten ein Bohrversuch angestellt. In u. bei Wien sollen Bohrbrunnen schon über ein Jahrhundert vorhanden sein; jetzt sind dort viele Springbrunnen. Im J. 1773 wurde der Wilhelmsbrunnen zu Kannstatt erbohrt. In England wird seit etwa 65 Jahren auf W. gebohrt. In Frankreich kam das Sondiren auf Min.-W. nicht vor 1840 auf; 1843 bohrte man zu Vichy, später zu Cusset, Royat, Bourboule, la Malou etc.. Das Bohrloch von Grenelle wurde Ende 1833 begonnen; die Arbeit dauerte 7 Jahre. Cf. Arago über die Geschichte der Bohrbrunnen. Paramelle traf auf seinen Reisen durch 40 Departements 19 Orte mit artesischen Brunnen von 40—150 Meter Tiefe an. Zu Elboeuf u. Paris hatte man ein glänzendes Resultat erreicht, zu Rouen, Marseille, Béchevelle einen kleinen

Wasserstrahl erzielt, der 2—3' über die Erde hervorsprang, an 14 andern Orten, wo man den Bohrer auf gut Glück angesetzt hatte, erlangte man mit 20000—150000 Frcs. Kosten Nichts.

Der Ausdruck artesisch wird zunächst für solche Quellen u. Brunnen gebraucht, die durch ein in der Erddecke mit Hülfe des Bohrers erzeugtes Loch von einiger Tiefe erzeugt worden sind u. gewöhnlich auch ein, im Bohrloche bis zu einem höhern Punkte oder über die Bohrteichel hinaus gehendes, u. im letztern Falle einen Springbrunnen bildendes W. geben. *)

Das Bohrloch vertritt die Stelle einer natürlich erzeugten Spalte, u. erlaubt, wie diese, dem W. tieferer Schichten das Aufsteigen. Ein solches Aufsteigen kann aber nur dann geschehen, wenn eine drückende Kraft da ist, welche das W. über das Niveau hinaus, worin es angetroffen wurde, nach oben treibt. Diese Kraft wird bei den Bohrbrunnen meistens vom Gegendruck des W. erzeugt. Das gegendrückende W. hat also dabei ein höheres Niveau, als dasjenige, worin der Bohrer das W. zuerst antraf. Dieses höhere Niveau kann es nur in einer Spalte oder wasserdurchlassenden Schichte haben, die ähnlich wie das Bohrloch vom unterirdischen W.-Behälter ausgeht u. mit dem Bohrloche die Form einer communicirenden Röhre bildet. Das Verhältniss des Bohrloches zur wasserdurchlassenden Schichte hat man sich in der Weise zu denken, wie Fig. 13 es darstellt. Zwei wasserdichte thalförmig gebogene Schichten c b u. b c enthalten zwischen sich eine wasserdurchlassende Schicht, die bei A Wasser aufnimmt, das sich in a a ansammelt; nach u. nach füllt sich diese Schicht, etwa bis zur Höhe B'B. Wird nun von P an durch das Terrain, welches den Thalkessel ausfüllt u. durch die obere wasserdichte Schicht bis zum W. ein Loch gebohrt, so steigt darin das W. bis zur Höhe von B'B an.**) Bei dieser Hypothese ist eine in den geschichteten Terrains sehr häufig vorkommende Einbiegung der Schichten angenommen; die kesselförmig gestaltete wasserführende Schicht vertritt dieselbe Stelle, welche bei zwei communicirenden Röhren die absteigende Röhre einnimmt. Es genügt aber auch das Dasein einer von zwei wasserdichten Schichten nach oben u. unten hin (u. zudem seitlich) abge-

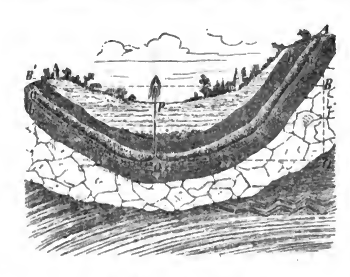


Fig. 13. Artesischer Brunnen.

*) Nicht ganz richtig werden aber auch natürliche Springquellen, besonders solche, deren Lauf mit der Form einer communicirenden Röhre Aehnlichkeit hat, artesisch genannt.

**) Auch Fig. 8 der Tafel I verdeutlicht das Entstehen der artesischen Brunnen. Eine W.-Ansammlung B im Gebirge zieht sich durch Spalten dd zu einem unterirdischen W.-Reservoir. Wird in L (durch den Felsen H) ein Bohrloch bis zum W. getrieben, so entsteht ein Springbrunnen.

schlossenen absteigenden wasserführenden Schicht, um mit einem bis darin eingedrungenen Bohrloche solche communicirenden Röhren zu bilden.

Folgende Tabelle gibt eine Uebersicht über die Tiefe einiger Bohrquellen.

Tiefe artesischer Brunnen.	Meter Tiefe:	Fuss Tiefe:	Reicht unter die Meeresfläche Meter:	Bemerkungen.
Ein Brunnen in China	932	2870 [1])		[1]) Wohl franz. Fuss.
Mondorff	730	2278 [2])	525	[2]) Franz. Fuss?
Oeynhausen (Rehme)	697		626	
St. Louis am Mississipi	670			
Louisville Kentucky	636			
Kia-ting-fu	584			
Kissingen Schönbornqu.	584 [3])	2001	ca. 410	[3]) Rotureau gibt 666 M. an, wohl falsch.
Grenelle	548		512	
Homburg, tiefster Brunnen	513	1783 [4])	ca. 318	[4]) Wohl kassel. Fuss.
Giromagny	433			Bohrlöcher oder Schacht-Brunnen.
Neuffen	385		(35 ü. M.)	
St. Nicolas d'Aliermont	333	(Brunnen)		
St. Cécile bei Mons	300			
St. André	253	(Brunnen)		
Huelgoat, Finistère	235			
Rochelle	190			
Nauheim, Friedr.-Wilh.-Sprud.	177	616	fast 0	

Nach Imbert's Mittheilungen (1827) gibt es in China blos auf einem Raume von 40—50 Quadratmeilen in der Provinz Ou-Tong-Kiao (Kia-ting-fu) einige 10000 Bohrbrunnen, die meist 1500—1800′ Tiefe haben; einer geht sogar bis 2870′ oder noch tiefer. Die meisten derselben geben ausser Salz-W. auch brennbares Gas, was häufig zum Versieden der Soole, zum Heizen u. Erleuchten benutzt wird. *)

Der Bohrer kann mehrere W.-Ansammlungen in der Erde antreffen, die an Grösse verschieden sind u. Wässer von verschiedener Wärme u. Beschaffenheit u. von grösserer oder geringerer Steigkraft enthalten. Es wechseln ja an manchen Stellen sehr häufig wasserdurchlassende u. wasserdichte Lagen; jede wasserdurchlassende Schicht kann in solchen Fällen von W. durchtränkt sein. Der Bohrer trifft auch zuweilen auf höhlenförmige Räume. Man traf in einiger Entfernung von Dieppe in 25—333 M. Tiefe 7 reichliche

*) Annal. de la propag. de la foi; Lyon 1829, Janvr.; Poggendorf's Annal. XVIII, 604. Vgl. auch Bibl. univ. XL, 318 u. Compt. rend. XXII, 667 über die Tseu-lieou-Tsing; auch Hydro-Chem. 102 u. 188.

Schichten mit sehr starker aufsteigender Kraft; an der Bai von St. Ouen in 36—66 M. Tiefe schon 5 geschiedene Wässer, auf dem Terrain von St. Denis bis zu 63 M. 4 W.-Schichten, zu Tours von 95 bis 125 M. Tiefe 3 aufsteigende Wässer u. in ähnlicher Weise war es an vielen andern Orten. Die Höhe eines solchen Raumes kann bedeutend, aber auch sehr gering sein. Unter der letzten Schicht, welche man bei der Anlage der Brunnen zu Modena durchbohrt, hat die W.-Ansammlung keine besondere Tiefe; nur so weit als der Bohrer eingedrungen ist, lässt sich auch das Senkblei einbringen. Dennoch ist das W. dieser Brunnen auch in trockenen Jahren unerschöpflich; nur mit aller Anstrengung lassen sich 6—8 Zoll der Wassersäule abtragen.

Bei der Aufsuchung von M.Wässern müssen vorzugsweise die geologischen Eigenthümlichkeiten einer Gegend leiten, die Lagerung der Schichten, das Durchbrochensein derselben, die Andeutung einer ungewöhnlich hohen Erdwärme, das Vorhandensein u. die Lage von Thermen oder andern M.-Wässern oder Gas-Emanationen.

Schon der Detritus verhindert, insofern er wasserdicht ist, das Hervorkommen der Quellen. Selbst ein nicht ganz wasserdichter Detritus von 33 F. Dicke liess zu Neuenahr ein 40° warmes W. nicht zur Oberfläche gelangen.

»Von der frühern Meinung; es seien nur jüngere Kalkgebirge für Anlegung artesischer Brunnen geeignet, kam man zurück. Beispiele in Menge haben dargethan, dass in sehr verschiedenartigen Formationen mit Erfolg gebohrt werden könne, vorausgesetzt, dass die Oertlichkeit nicht durchaus zuwider ist. Im Wechsel mit einander auftretende thonige, kalkige u. Sandsteinmassen gelten als besonders günstige Verhältnisse. Je undurchdringlicher, je dichter die Felsarten, um desto weniger eignen sie sich für die Anlegung artesischer Brunnen. Bei Graniten, Gneisen, Porphyren u. andern plutonischen Gebilden bleibt der Erfolg sehr zweifelhaft; dasselbe ist der Fall bei vulkanischen Ablagerungen, in Lavenbetten u. dgl.. Risse, Spalten, Klüfte sind hier oft von geringer Breite, oder sie senken sich nicht tief genug; ihr gegenseitiger Zusammenhang ist kein solcher, dass die von denselben aufgenommenen W. bei der im unterirdischen Laufe ihnen angewiesenen, meist beschränkten Bahn, durch Hinzutreten nachbarlicher Wasseradern sich verstärken könnten. Einzelne Ausnahmen der Regel kennt man, aber sie dürften durch besondere Verhältnisse bedingt sein..... Uebrigens hängt, selbst im Boden von geeigneter Beschaffenheit, die Auffindung steigender u. springender Qu. nicht selten von gewissen zufälligen Umständen ab; desshalb darf es nicht befremden, wenn mehrere, nahe bei einander vorgenommene Bohrungen keineswegs alle gleich gut gerathen, ja manche selbst ganz misslingen, indem sie nicht einen Tropfen W. liefern. So geschah es in manchen Fällen, dass die das W. anfhaltenden Schichten an einem Orte, wo dieselben weniger mächtig, durchstossen wurden; nun senkte sich das Wasser, statt emporzusteigen, grössern Tiefen zu.« (Hartmann.)

»Was das Bestreben anbetrifft, zur Oberfläche der Erde zurückzukehren u. dort springnnde Qu. zu bilden, so ist solches den Wassern, welche man zwischen der Kreide u. dem Thon, in dem Töpferthon, in dem grünen Sande u. dem Ceriten-Kalkstein u. in dem Mergellager, das diesen bedeckt,

findet, eigenthümlich; dabei darf aber die Gegend nicht von tiefen Thälern, in welchen die verschiedenen Formationen auf den Bergabhängen zu Tage streichen u. dadurch den natürlichen Abfluss der W. erleichtern, durchschnitten sein oder diese Formationen müssen in einer namhaften Tiefe unter der Erdoberfläche liegen und von spätern Bildungen wieder bedeckt sein.« (Hericourt.)

»Von besonderm Interesse für die Erbohrung von W. ist das Keuper-Gebilde. Auf den Wechsel von Sandsteinen mit thonigen Mergeln, wie wir sie in jener Formation finden, gründen sich die geeigneten Verhältnisse zu Unternehmungen solcher Brunnen. Die W. streichen langsam im Keuper-Gebirge. Sie finden auf ihrem Durchgange zwar mehr Hindernisse, aber sie erscheinen demungeachtet selten oder nie trübe, ihre Menge nimmt nur ausnahmsweise zu, man hat jedoch auch kein Versiegen zu befürchten, u. aus nicht bedeutender Tiefe steigen die W. oft zu ansehnlicher Höhe. Als Beweis des Gesagten, möge hier die Bemerkung eine Stelle finden, dass, — wie wir durch Plieninger's Mittheilungen wissen, — von 120, seit den letzten Jahren in Würtemberg unternommenen Bohrungen 46 im Keuper-Gebiete Statt hatten, u. dass unter diesen nur 7 misslangen. Wir sehen also, mit welch' grosser Wahrscheinlichkeit auf den Keuper zu zählen ist. — Ebenso wurde die Grenze zwischen jenem Gebilde u. dem, unmittelbar darunter seine Stelle einnehmenden, Muschelkalke vortheilhaft befunden. Namentlich bei Heilbronn war diess der Fall; unfern Tübingen aber durchbohrte man die ganze 484 F. mächtige Keuper-Ablagerung, um den Muschelkalk zu erreichen; die getroffenen Qu. stiegen jedoch nur unbedeutend, aber 17 an verschiedenen Orten des würtembergischen Landes im Muschelkalke selbst angestellte Bohrversuche gaben sämmtlich überströmendes, viel Kohlensäure haltendes Wasser.« (Hartmann.)

Zu Aigue perçe findet man schon in 6 Meter Tiefe ein Thonlager, auf dem man den Brunnen ausmauert, dann durchsticht man eine Kies- u. eine Kalksandstein-Schicht. Ist letztere durchbohrt, so steigt der Arbeiter mit grösster Eile in die Höhe, weil das W. mit solcher Heftigkeit ihm nachfolgt, dass es in wenigen Minuten 4—5 Meter hoch im Brunnen steigt. Der W.-Spiegel bleibt in diesen Brunnen zu allen Jahreszeiten derselbe.

Eine sehr genaue Schilderung der Brunnen zu Modena gab als häufiger Augenzeuge Ramazzini.*) Zu Modena, welches etwa 10000 Schritte vom Gebirge entfernt liegt, kann man auf einem Raume, den man 7000 Schritte lang u. 4000 breit schätzt, an jedem beliebigen Orte einen unerschöpflichen Brunnen graben. Alle diese Brunnen gehen an 63' tief bis auf eine Schicht von Töpferthon von etwa 5' Dicke; wird diese durchbohrt, so dringt das W. mit Gewalt hindurch u. steigt nach der Oertlichkeit entweder über die Oberfläche, welche 30—40' über dem Meere liegt, oder bleibt nicht weit darunter. Ehe die Arbeiter eine Tiefe von 28' erreichen, haben sie viel mit dem Tagewasser des Sumpfbodens zu schaffen; dann erreichen sie einen Muschel-Kalk (creta) von 11' Dicke, worunter in abwechselnden Lagen eine Sumpfschicht mit Baumstämmen u. dgl., Thon, Sumpf, dünne Thon-Schicht, Sumpf mit Bäumen, dann in 63' Tiefe eine „weiche sandige" Lage, worin der Bohrer eingetrieben wird, folgen. Das hinaufkommende W. bringt anfangs Sand mit nach oben. Die Temperatur des W. in den Brunnen scheint die mittlere des Ortes

*) In einem Schriftchen: De fontium Mutinensium admir. scaturigine tr. 1695; auch englisch u. in Act. Erud. Lips. 1698; am besten in der Ausg. von 1717 seiner *Opera omnia, 4to, 239—319, mit einem Zusatze von de Conradis 1714.

zu übertreffen. Schon vor dem Durchstiche machen sich irrespirable Gase bemerkbar. Ramazzini gibt von den Schichtungen u. von den vermuthlichen hydrostatischen Verhältnissen eine Zeichnung, die ich trotz ihres theilweise idealen Charakters (Taf. II, Fig. 2) copirt habe.

„Die artesischen M.W. Frankreichs liegen nach François wohl nur auf der Linie des salzführenden östlichen Trias-Terrains, zu Rosière (Meurthe), Dieuze, Vic, Gonnans, Salies u. Lons-le-Saulnier. Auch trifft man solche an einigen Punkten des unteren Pyrenäen-Beckens, wie zu Camarade (Ariège), Salies, Ozaas (Basses-Pyrénées) in den metamorphosirten Ophiten-Terrains.

Taf. IV, Fig. 1 u. 3 zeigen die Lagerungs-Verhältnisse der unterirdischen Schichten zu Nauheim. Die Hauptsoolschicht u. die Stellen der dortigen Bohr-Qu. (1—7 u. 11 u. 12) liegen am Zusammentreffen des Stringocephalenkalks mit dem Orthocerasschiefer. Im aufgelagerten Tertiärgebirge verläuft eine grössere Zahl von diluirten Quell-Adern, deren Stärke mit der Annäherung an die Hauptquellspalte zunimmt.

Dieselbe Tafel gibt in Fig. 2 eine Gebirgsprofil-Darstellung von Kissingen. Die verschiedenen Schichten, wodurch der Bohrer durchdringen musste, um zunächst unter einer Thonschicht den Schönborn-Sprudel anzutreffen, sind dort einzeln bezeichnet.

Selbst auf den Meeresboden hat man den Bohrer angesetzt, um W. zu finden. „Beim Vorgebirge Uncino, nicht weit vom neapolitanischen Städtchen Torre dell' Annunziata, kannte man seit längerer Zeit eine Stelle, wo, in ungefähr 80′ Entfernung von der Küste, Luftblasen aus dem W. aufstiegen. Die Erscheinung erregte Aufmerksamkeit u. vor mehreren Jahren wurde der Versuch gemacht, an einem sich ins Meer hinabsenkenden Felsen von vulkanischem Tuff u. W. zu bohren. Als zwei Lagen, eine aus sandigem Lehm bestehend, die andere aus Geschieben, beide zusammen ungefähr 19′ mächtig, durchstossen waren, stieg eine W.-Säule von 4½″ Durchmesser gewaltsam empor. Man trieb noch mehrere Bohrlöcher nieder; bei den meisten war der Grund ein sehr fester Lavaboden, nur beim letzten floss W. über ein mit Lavabruchstücken u. mit vulkanischer Asche untermengtes Thonlager. Dies muss ohne Zweifel als Bette des erbohrten unterirdischen Stromes gelten. Aus einer aufgesetzten Röhre sprang das W. anfangs 16′ hoch u. so kräftig, dass es nicht bloss kleine Gerölle, sondern Lavabrocken von ansehnlichem Gewichte mit heraufriss. Nach einiger Zeit sank die W.-Säule bis zu 9′, auf welcher Höhe sie sich erhielt. Das W. ist lau, klar, angenehm von Geschmack u. angeblich reich an Kohlensäure. Im Departement der Ostpyrenäen misslang dagegen der Versuch in dem aus Tuff u. Sand bestehenden Boden, d. h. im Bette des mittelländischen Meeres eine Springquelle zu erbohren.“ (Hartmann.)

Wir haben schon (S. 83) die grosse Ergiebigkeit mancher artesischen Brunnen kennen gelernt.

Aus dem in einem Garten in England 360 F. tief niedergestossenen Bohrloche von 4½ Zoll Weite ergoss sich W. in solcher Fülle, dass es nicht nur den Garten u. den ganzen Platz um das Haus überschwemmte, sondern auch alle nahe gelegenen Keller anfüllte. Bald wurden Beschwerden geführt; die Polizei musste einschreiten. Wiederholte Versuche, das Bohrloch durch einen Holzstöpsel zu schliessen oder dem Strome durch einen Eisenbolzen Einhalt zu thun, blieben fruchtlos. Endlich setzte man mehrere Röhren von kleinerem Durchmesser auf das Bohrloch u. auf diese Weise gelang es, das W. zu bemeistern.

Einer der Brunnen zu Roubaix bei Arras, welche technischer Zwecke wegen gebohrt wurden, liefert jährlich 11½ Tausend K.M. — Ein Bohrbrunnen zu Brück bei Erlangen gibt 249 Tausend K.M. jährlich, ein Bohrbrunnen zu Louisville in Kentucki 549 Tausend K.M. jährlich. — Einzelne Brunnen von Tours geben zwischen 60 u. 1000, ja 1600 u. 2500 Liter W., also bis 2,5 K.M., in der Minute. — Zu Congé-sur-le-Cher (Dép. d'Indre et Loire) wurde neuerdings ein Brunnen in 982′ Tiefe gebohrt, der 4,05 K.M. in der Minute gibt, wohl zweimal so viel W., als der kleine Fluss Bièvre, der sich in die Seine ergiesst. — Eine Bohrqu. in der Oase Oued Rir gab anfangs 4,01 K.M. warmen Wassers in der Min. oder

über 2100 Tausend K.M. jährlich; eine Bohrqu. zu Sidi-Nached gab 4,3 K.M. in der Min.; eine zu Taverna in Algerien gibt aus 60 M. Tiefe jährlich fast 1900 Tausend K.M. überquellenden Wassers.

Zu Tours kann man beliebig viele Löcher neben einander anlegen. Aber doch hängen sie von einander ab; je mehr Brunnen gemacht werden, desto weniger hoch steigt das Wasser. — Im Modenesischen übt ein neuer Brunnen auf die zunächst gelegenen einen merkbaren Einfluss aus; das W. sinkt allmälig, erhebt sich aber nach u. nach wieder, so dass das Niveau in allen Brunnen, die nicht überfliessen, gleich steht.

Die Steigkraft der artesischen Brunnen ist sehr verschieden, auch bei demselben Brunnen öfters mit der Ergiebigkeit wechselnd; u. um so höher je enger die Mündung der Ausflussröhre ist. Das W. artesischer Brunnen kann daher oft bis in die obern Räume der Häuser geführt werden. Mit dem W. derselben, das nicht selten eine grosse Kraft repräsentirt, können Mühlräder, Blasebälge u. Hämmer in Nagelschmieden u. andere Getriebe in Thätigkeit gesetzt werden.

Bei einem sehr ergiebigen Brunnen in Louisville steigt das W. in Röhren 170 (engl.?) Fuss über die Oberfläche mit einer Kraft, die einer Dampfmaschine von 10 Pferden gleichkommen soll (?). — Der artesische Brunnen von Grenelle gibt bei 33,1 Meter Höhe noch eine sehr grosse W.-Masse; seine Steighöhe ist 38 M., die eines Brunnens zu Elboeuf 32 M. — Der höchstgehende Brunnen von Tours hat 18,8 M. Steigung. — Der artes. Brunnen zu Brück treibt durch einen 2" weiten Spritzenschlauch 70' hoch. — In Roussillon erhebt sich das W. eines artes. Brunnens 30—50' hoch über die Bodenfläche. — In Würzburg hat ein Brunnen von 200' Tiefe 36' Steighöhe u. liefert 178 Lit. in der Minute. — Zu Bagues bei Perpignan, wo auch natürliche Sprungquellen sind, hat man mehrere Bohrbrunnen angelegt, wovon einer von 142' Tiefe, wohl 2 K.M. in der Min. (1 Mill. K.M. jährlich) gibt u. vielleicht 50' hoch durch eine aufgesetzte Röhre aufspringt. — Zu Nürnberg wurde in 366' Tiefe im Keuper eine Qu. erbohrt, die 15' hoch über die Bodenfläche steigt. — Im Departement Pas de Calais springt eine aus 461' hervorkommende Qu. 7' hoch. — Ein 180' tiefer Brunnen zu Aberdeen treibt das W. 6' hoch. — Manche Bohrarbeiten, z. B. bei Paris bei 1500' Tiefe, bei Genf bis 682' lieferten kein aufsteigendes Wasser. — In den chinesischen Brunnen scheint das W. oft keine Sprungkraft zu haben, da man es durch ein langes Bambusrohr, welches durch ein Seil in stossweise Bewegung gesetzt wird, aufsteigen macht.

Bei Utrecht unternahm man 1833 an einer Stelle, deren Höhe 43' über der Nordsee war, die Anlage eines Brunnens. Man ging 485' tief durch wechselnde Lagen von Sand, Gerölle u. Thon bis zu einer den Braunkohlen ähnlichen Schicht; das Bohrloch füllte sich bis zu 41' unter der Oberfläche beständig mit Wasser.

Der Soolsprudel zu Nauheim gibt Sauerwasser, das sich 6' über eine 12' hohe Steigröhre erhebt, u. die 2000' tief gehende Schönbornqu. zu Kissingen treibt den Strahl durch eine vierzöllige Röhre 75' hoch; die letztgenannten W. sind aber Sauerwässer, bei denen die CO^2 als hebende Kraft wirkt. Dies ist auch der Fall mit einem Bohrloch zu Vichy, das eine Qu. zu Tage bringt, die 10 M. hoch aufsteigt, während die alten Qu. kaum 2' hoch gehen.

Von der Steigkraft einiger Bohr-W. kann man sich einen Begriff machen, wenn man erfährt, dass Kanonenkugeln, die man auf die Oeffnungen bringt, weggeschleudert werden u. dass, wie bei einem Brunnen zu Tours, ein in die Röhre gebrachter Blechcylinder von 176 Pfund gewaltsam hinausgeschleudert wurde.

Die Ergiebigkeit, Sprunghöhe u. das Niveau der artesischen Brunnen zeigen öfters eine deutliche Abhängigkeit von der Grösse des gewesenen Regenfalles oder vom Thauwetter. Vgl. S. 99.

Zu Rochelle zeigt ein 190 M. tiefer Brunnen Schwankungen im Wasserstande, die bis 51 M. betragen. — Der Rollmannsbrunnen bei Heeren gab dem freien Ausflusse überlassen

im J.	in der Min.		
1846	25,77 K.F.	bei 25,16"	Regenhöhe zu Königsborn
1847	21,85 „	„ 21,84"	
1848	24,11 „	„ 29,01"	
1849	20,71 „	„ 24,73".	

Beständigkeit. Nicht immer behalten die artesischen Brunnen die Ergiebigkeit u. Sprungkraft, welche sie anfangs zeigen.

Die Qu. zu Rothenfelde gab in den ersten Tagen täglich 20 bad. Fuder W., verminderte sich aber später bedeutend. — Die artesischen Brunnen zu Tours haben allmälig abgenommen; vielleicht durch Anhäufung von Sand in den Röhren, der öfters das Rohr verstopft. — Der Rollmannsbrunnen gab anfangs 43 K.F. in der Min., 4 Monate später 32,4 K.F., 4 Jahre später nur 20,7 K.F. — „Gegen 1830 begann man bei Stuttgart das Bohren artesischer Brunnen u. traf in geringer Tiefe auf einen ungewöhnlichen W.-Reichthum; ein Bohrloch auf einer kleinen Insel des Neckar gab hinreichendes W., um eine Mühle zu treiben; 5 andere bildeten unfern der Stelle einen See, welcher die Räder einer grossen Spinnerei in Bewegung setzte; das W. sprang 10 bis zwölf Schuh hoch. Im J. 1836 hatte aus allen 5 Bohrlöchern u. aus einer noch überdies zugeführten Qu. der See nicht W. genug, um nicht ganz zu verschlammen; das zuströmende Bohr-W. hält ihn nicht rein; die Brunnen springen nicht mehr, man sieht nur noch am leichten Kräuseln der Wellen, dass dort W.-Adern hervorbrechen." *) Seitdem sind aber noch neue erfolgreiche Bohrungen daselbst vorgenommen worden. —

Dagegen ist die Fontaine jaillissante von Lillers, bereits im J. 1126 erbohrt, seitdem ununterbrochen zu derselben Höhe mit derselben W.-Masse gestiegen (*v. Humboldt Kosmos I). — Zu Hartfort in Connecticut kommt aus einem 200′ tiefen Brunnen, dessen Mündung durch Sprengung mit Pulver erweitert worden ist, seit 100 Jahren das W. beständig bachähnlich hervor. — Auch der Brunnen des Klosters St. André gibt schon über 100 Jahre gleichviel Wasser.

Mineralisation, Herkunft des Wassers. Das W. der artesischen Brunnen ist sehr häufig ziemlich frei von salzartigen Theilen; z. B. zeigt das von Grenelle, obwohl es sich nicht zum Trink-W. eignet, nur 1,45 Z.T. festen Gehalt; das W. von Tours hat 3,4 Gehalt. Das W. der zahlreichen artesischen Brunnen von Modena ist rein u. trinkbar; der artesische Brunnen von St. Denis führt in der innersten Röhre aus 200′ Tiefe

*) M. Zimmermann (Kaiserth. Oesterr. 1836), dem ich diese Notiz entnehme, macht dazu folgende Bemerkung, welche die Speisung der Quellen mit Meteor-W. erklären soll: „Der Kessel bei Hallstädt u. der Hirschbrunn im Salzburgischen sind auch artesische Brunnen (von der grössten Art, denn sie verursachen manchmal Ueberschwemmungen) u. an ihnen sieht man aufs Deutlichste den Vorgang erklärt. Wenn nämlich im Juni u. August die Schneemasse auf den Alpen schmilzt, so springen sie, so quellen sie in ausserordentlichem W.-Reichthume über; sobald aber mit dem Winter der Zufluss aus jenen W.-Behältern, die hoch über dem Kessel u. dem Hirschbrunnen liegen u. die in ununterbrochener Verbindung mit denselben stehen müssen, aufhört, sinkt auch das W. der beiden Brunnen zurück u. man bemerkt an dem so furchtbaren Kessel nichts als einen Trichter, auf dessen Boden etwas W. ist. Dass die Temperatur allein die Ursache des Zuflusses oder des Mangels davon sei, sieht man nicht allein an der Jahreszeit, sondern auch an der Tageszeit, indem sie stärker laufen, wenn an einem hellen Tage die Sonne sich über den Kulminationspunkt hinausbewegt, als am Morgen, wo sie noch nicht hat wirken können oder als in der Nacht, wo ihre Wirkung u. die Folgen derselben bereits aufgehört haben."

das beste Trink-W., während eine andere Röhre, wovon jene umgeben wird, ein schlechteres W. bringt. *)

Ein so salzfreies W. kann man ohne Bedenken von atmosphärischen Niederschlägen, von Flüssen oder Süsswasser-See'n ableiten. Das in Bohrlöchern angetroffene W. ist, wie man es z. B. an der Barrière von Fontainebleau, an der Bai von St. Ouen u. zu Cormailles aus den Oscillationen des eingesunkenen Bohrers schliessen konnte. oft in Strömung. Ehe der letzte Durchstich bei den Brunnen von Modena geschieht, kann man das W. fliessen hören. Eine eigenthümliche Erscheinung an einem Bohrbrunnen in Tours machte diese Strömung noch offenbarer. Als man nämlich das Steigrohr um 4 M. verkürzte u. die W.-Menge dadurch um ein Drittel wuchs, wurde das W. trübe u. brachte aus 109 M. Tiefe Bruchstücke von Pflanzen, schwärzlich gewordene Dornzweige, noch weisse Stengel u. Wurzeln von Sumpfpflanzen, Samenkörner, die nicht über 3—4 Monate im W. gelegen haben konnten, Süsswasserconchylien u. dgl. ans Licht. (Vgl. S. 90.) Aehnliches ist mit mehreren artesischen Brunnen vorgekommen. **) Der Zusammenhang von solchen Brunnen mit oberirdischen W.-Ansammlungen ist also nicht zu bezweifeln.

Es ist meistens schwer zu sagen, wo das W. der artesischen Brunnen in die Erde hineinzieht. Das Bohrloch des Brunnens von Grenelle steht im Grünsande, der erst 20 Meilen von Paris zu Tage ausläuft, aber eine Ausdehnung von mehreren Tausend Quadratmeilen hat u., nach seiner Tieflage zu urtheilen, selbst jenseits des Kanals W. aufnehmen könnte.

Die Mineralisation der W., welche der Bohrer in den verschiedenen Schichten antrifft, ist oft verschieden. Oft gelingt es in solchen Fällen, das stärkere M.W. für sich zu fassen; meistens fliesst aber aus einem Bohrloche ein Gemisch sehr verschiedener M.W.-Adern.

Zu St. Ouen traf man bei 49 M. ein W. mit 7,3 Z.T. Gehalt, bei 65 M. eines mit 2,7 Z.T. — Das W. eines Bohrbrunnens zu Rothenfelde, dessen Soole man beim Anlegen desselben in verschiedenen Tiefen mit dem Soollöffel schöpfte, zeigte

in einer Tiefe unter der Hängebank	einen Gehalt von:
0′	365
300′	369
400′	342
500′	387
600′	404
639′	447
700′	473
740′	577
755′	705 Z.T.

*) Es ist noch eine 3. Röhre da; zwischen der 2. u. 3. Röhre sinkt das W. der 1. u. 2. Röhre im Winter zu einer wasserdurchlassenden Schicht zurück. An andern Orten hat man derartige Röhren angelegt, die als „umgekehrte artesische Brunnen“ unbrauchbar gewordenes (schmutziges) W. zu einer wassereinsaugenden Schicht abführen.

**) Bei Bochum kamen 1831 aus einem Bohrloche von 43′ mit einem plötzlichen reichlichen Ausbruche klaren Wassers etwa 20 Fische von 3—4 Zoll hervor; sie starben nach ½ Stunde, obwohl man sie in Gefässe mit W. gesetzt hatte. Der nächste Fluss ist 1 Stunde entfernt. Der Brunnen zu Elboeuf, woraus kleine lebendige Aale hervorgekommen sind, ist 448′ tief u. gibt gewöhnlich ein sehr klares, reichliches W. von 16°.

Wenn Bohrquellen einen grossen Gehalt von Salzen oder Gasen zeigen, so ist dies kein Grund ihr W. nicht von atmosphärischem W. abzuleiten; es kann ja das W. in der Erde durch Auslaugung diese Salze aufgenommen haben.

Es braucht kaum an die Häufigkeit der erbohrten W., die sich durch Reichthum an Kochsalz, Kohlensäure oder Kohlenwasserstoff auszeichnen, erinnert zu werden. *)

Einige Bohrbrunnen, besonders Sool-W., sind einem Gehalt-Wechsel sehr unterworfen.

Nachdem ein starkes Gewitter kurz vorhergegangen, dessen W.-Masse einen unterirdischen Durchbruch u. eine Verbindung des Kanalsystems vom Bohrloch I (zu Sassendorf) mit einem 100 Schritt davon entfernten Brunnenbohrloche (B) bewirkt haben mochte, sank am 25. Juni 1854 die frei ausfliessende Soole jenes Bohrlochs oder vielmehr die in einem Behälter in die Höhe gehende Soole in mehreren Tagen u. hatte am 2. Tag der Katastrophe über 10 % Salzgehalt statt der frühern 6⁵/₈, wobei sie trübe wurde u. keine Kohlensäure mehr entwickelte u. während dessen auch in dem viel salzärmern Brunnen B der Salzgehalt bedeutend stieg. In wenigen Tagen stellte sich der frühere Zustand in beiden Brunnen wieder her, vielleicht weil die Communication durch Schlamm wieder verstopft wurde. (Vgl. Ztschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. VII, 631.)

Ueber die Wärme-Verhältnisse der artesischen Brunnen ist in frühern §§. hinreichend gesprochen worden. Im Allgemeinen ist das W. um so wärmer, aus einer je tiefern Erdschicht es stammt. Zu Heilbronn in Würtemberg wird das 12° warme W. eines artes. Brunnens zur Erwärmung einer Papierfabrik angewendet u. verhindert das Gefrieren des gewöhnlichen Wassers um die Räder. An andern Orten dient das W. an Bohrbrunnen zu ähnlichen Zwecken oder zur Füllung von Fischteichen.

---

*) Ich füge zu Dem, was in der Hydro-Chemie u. in diesem Bande über die Kohlensäure- u. Kohlenwasserstoff-Ausströmungen aus vielen Bohrbrunnen gesagt wurde, hier nur noch die Bemerkungen zu, die Hartmann über derartige Luft-Emanationen u. über solche von gewöhnlicher Luft u. Schwefel-Wasserstoff macht. „Sehr gewöhnlich dringt atmosphärische Luft aus den erbohrten Canälen hervor; selbst bei Tiefen von 180 F. u. darüber treten Erscheinungen der Art ein u. sind mitunter von grosser Heftigkeit. Zuweilen zeigen solche Luftausströmungen ein gewisses Intermittiren; sie werden anhaltender u. stärker in dieser oder jener Tagesstunde. — Noch interessanter sind die von dem geschwefelten Wasserstoffgas; Phänomene, welche oft mit Ergüssen schlammigen Wassers verbunden zu sein pflegen. Wo man in thonigen u. sandigen Schichten bis zu nicht unbeträchtlicher Tiefe bohrte u. gewisse braune bituminöse Mergel- u. Gypsablagerungen durchstossen hat, war nicht selten, als das Gestänge aus dem Bohrloche genommen wurde, ein sehr heftiges Getöse in der Röhre zu hören. Im nämlichen Augenblicke ergossen sich Massen sandigen Schlammes, unter Verbreitung unangenehmen, schwefligen Geruches. Die Erscheinung dauerte mehrere Minuten, nachher sank das W. wieder auf sein gewöhnliches Niveau. Das Getöse hielt noch kurze Zeit an, wurde jedoch allmälig schwächer. So oft man später das Gestänge herausnahm, war das Geräusch bald stärker bald schwächer zu vernehmen. Wurde Licht an die Mündung der Röhre gebracht, so entzündete sich das ausströmende Gas u. bildete Flammen von 6 u. 7 Fuss Höhe. Die Flamme brannte während einiger Minuten lebhaft, nahm nach u. nach ab, erlosch u. nun hörte auch das Geräusch in der Röhre auf. Bei wiederholten Katastrophen der Art aus einem u. demselben Bohrloche wurde deren Heftigkeit zuweilen in solchem Grade gesteigert, dass flüssiger Schlamm über 15 Fuss aufwärts fuhr u. Flammensäulen von 6 Fuss Breite loderten bei 30 Fuss hoch empor.“ Hier war doch wohl Kohlenwasserstoff mit im Spiele.

Ausser den hier bereits angegebenen artesischen Brunnen u. den in frühern §§., namentlich in §. 83, vielfach besprochenen, verdienen noch folgende, erwähnt zu werden.

In Münster u. Umgegend hat man eine Menge artesischer Brunnen erbohrt, die, wenn sie eine Tiefe von 80—150′ erreichten, meist bis nahe an die Oberfläche steigendes W. gaben.

Die Geschichte eines von 1831—37 zu Artern ausgeführten, im Steinsalze stehenden Bohrloches bis zu 1000′ Tiefe siehe bei Hartmann. —

Der artesische, jetzt aufgegebene Brunnen bei Ehrenbreitstein wurde in der Absicht unternommen heisse Qu. zu finden. Leop. v. Buch regte die Sache an. Es ist nur gelungen in einer Tiefe von 310′ im Diorit einen Säuerling anzubohren, der die süssen W. des Bohrlochs bis auf 180′ über der Sohle, bis zur Höhe des Rheinspiegels, ansäuert.

Zahlreiche zu Venedig angestellte Bohrversuche wurden durch Lockerheit des Sandes vereitelt. Degousée war endlich so glücklich nach 6monatlicher Arbeit in 61 M. Tiefe ein über den Boden hervortreibendes W. zu treffen (1846); ein zweites Bohrloch traf das W. in 60 M. Tiefe; dieses treibt 4 Meter hoch jede Minute ¹/₄ K.M. heraus. Mehrere andere Bohrlöcher wurden dann noch angelegt. Das W. ist weich u. wenn es durch Aussetzen an der Luft von Kohlenwasserstoff u. CO^2 befreit ist, ein sehr gutes Trinkwasser.

In England sind zahlreiche artesische Brunnen. „Auf der Ostküste von Lincolnshire war früher die ganze Strecke zwischen den Kreidehügeln von Louth u. der Meeresküste beinahe wasserlos; Brunnen insbesondere waren unbekannt, bis die Thonbank, welche die ganze Gegend einnimmt, durchbohrt wurde u. man einen anhaltenden, mehrere Fuss hohen Springbrunnen erhielt. Als man beim Bohren des Königsbrunnens zu Sheerness im J. 1781, nach dem Londonthon in die sandigen Schichten des plastischen Thons gelangte, sprudelte, bei einer Tiefe von 330′, das W. plötzlich mit Gewalt hervor u. erhob sich 8′ hoch über die Oberfläche. In den J. 1828 u. 29 wurden ebenfalls zwei artes. Brunnen auf den Schiffswerften von Portsmouth u. Gosport, ungefähr in gleicher Tiefe, gebohrt u. in der Nähe von London sind sie gegenwärtig sehr häufig. Alle dringen durch den Londonthon in die porösen Schichten des plastischen Thons u. in die der Kreide. Einer der ersten artesischen Brunnen, welche in der Nähe von London gegraben wurde, ist der von Norland House, nordwestlich von Holland House, gebohrt im J. 1794. Anfangs war es das W. der sandigen Schichten der plastischen Thonformation, welches auf diese Weise an die Oberfläche geleitet wurde; allein die Sandtheile, welche dasselbe mit sich führte, verstopften die Röhre so oft, dass man später zweckmässiger gefunden hat, diese sandigen Schichten zu durchbohren u. das W. von den darunter liegenden Kreideschichten heraufzuleiten. Bekannte Beispiele von artesischen Brunnen in dem Londoner Becken sind ausserdem der des bischöflichen Palastes zu Fulham, sowie der in dem Garten der Gartenbau-Gesellschaft befindliche. Auch hat man seitdem viele in der Stadt Brentfort angelegt, aus welchen das W. sich mehrere Fuss über die Oberfläche erhebt." (Hartmann.)

In Frankreich sind Bohrbrunnen unter andern zu Bages, Bouillon, Cormailles, Fontes bei Aire, St. Gratian bei Montmorency, Guéhem, Nimes, Noyelles, St. Ouen, St. Pol, Rivesaltes, Stains bei St. Denis, Tours.

Artesische Brunnen in der Sahara, Provinz Constantine. Die erste Qu. wurde in der Oase Oued Rir, bei Tamerna (Taverna?), von der Fremdenlegion gebohrt. Die Arbeiten begannen im Mai 1856, u. am 19. Juni schon rauschte eine W.-Masse von 4 K.M. per Min. u. von einer Temperatur von 26° aus der Erde hervor. Die Freude der Eingeborenen war grenzenlos; die Neuigkeit von dem Ereigniss verbreitete sich gegen Süden hin mit beispielloser Schnelligkeit. Es kamen Leute aus weiter Ferne, um dieses Wunder zu sehen. Die Marabouts weihten mit grosser Feierlichkeit die neugeschaffene Qu. ein u. gaben ihr den Namen „Friedensquelle." Der 2. Brunnen in Temakin, gab 35 Litres von 26° per Min. u. ist 85 M. tief; er wurde die „Segensquelle" genannt. Ein drittes Experiment. nicht weit von der Scene des zweiten, in der Oase Tamelbat, wurde mit dem Resultate von 120 Litres per Min. gekrönt. Nachdem die Marabouts den Soldaten in Gegenwart der

Bevölkerung gedankt hatten, gaben sie ihnen ein Banquet u. begleiteten sie dann in feierlicher Prozession bis zu den Grenzen der Oase. In einer andern Oase, der von Sidi-Nached, war die Grabung der „Dankesquelle" von rührenden Scenen begleitet. Sobald als das Freudengeschrei der Soldaten das Aurauschen des Wassers verkündet hatte, kamen die Eingeborenen in dichten Haufen herbei, stürzten sich in die segensvollen Wogen u. die Mütter badeten ihre Kinder darin. Der alte Emir konnte seine Gefühle nicht bemeistern; mit Thränen in den Augen fiel er auf die Kniee nieder u. erhob seine zitternden Hände, um Gott u. den Soldaten zu danken. Diese Qu. gibt nicht weniger als 4.3 K.M. die Min. u. hat eine Tiefe von 54 M.. Eine fünfte Qu. ist in Qum Thiour gegraben worden, u. liefert 108 L. die Minute. Hier begann ein Theil der benachbarten Stämme sogleich ein Dorf zu gründen, indem sie Hunderte von Dattelbäumen pflanzten u. ihr früheres Nomadenleben aufgaben. Die letzte Qu. ist die von Shegga, wo bald ein wichtiger Mittelpunkt für Agrikultur erblühen wird. Es ist kein Zweifel, dass diese Brunnen in jenen Theilen eine grosse sociale Revolution bewirken werden.

Nach anderer Nachricht gibt ein Bohrbrunnen zu Taverna aus 60 M. Tiefe täglich 5184 K.M. überquellenden Wassers, d. i. 3,6 K.M. in der Minute.

Shaw, der im J. 1727 die Berberei bereiste, beschreibt schon 100—200 Klafter tiefe Brunnen der quellenlosen Dörfer der Sahara. Das W. quillt aus ihnen mit Heftigkeit hervor, wenn die schieferartige Felsbank, welche „das Meer unter der Erde" bedeckt, durchstossen wird. (Reisen, 1765.)

Der Pascha von Aegypten liess 1831 schweizer Arbeiter kommen u. beschäftigte sie einige Jahre mit Brunnen-Bohren auf der Karawanen-Strasse von Kenneh am Nil nach Kosseir am rothen Meere; man erhielt W. in Ueberfluss.

Amerika. Zu Louisville in Kentucky begann man im April 1857 einen artesischen Brunnen, der im Sommer 1858 vollendet wurde. Man drang 2086 engl. Fuss ein. Der erste Strom wurde in 1697 Fuss Tiefe erreicht. Das Bohrloch gibt bei 3" Durchmesser täglich 330000 Gallonen W., welches in Röhren 170 Fuss über die Oberfläche steigt. Das 28° warme W. zeigt noch 24°7 am Ausfluss. Das W. ist salzig, von 1011,3 spez. Gewicht. (Kopp-Wills Jahresb. f. 1859, 848.)

Nach einem Berichte in Petermanns Geogr. Mittheil. (1859, VII) begannen die Besitzer einer Zuckerraffinerie zu St. Louis am Mississipi im J. 1849 einen artesischen Brunnen zu graben u. drangen in 5 Jahren nach einer Arbeit von 33 Monaten in eine Tiefe von 2199 engl. Fuss. ohne brauchbares W. zu finden. Das W. ist salzig (87,2 F. G.) u. riecht stark nach *HS*. Der Zufluss des W. geschieht vorzüglich in einer Tiefe von 1515′, u. dieses hat eine Wärme von 23° C., während die mittlere Temperatur von St. Louis 12°9 ist; also auf 150 engl. F. ist etwa ein Gewinn von 1° Wärme.

Bohrmethode. Das Verfahren, welches die Chinesen beim Bohren befolgen, ist dieses. An einem liegenden Baume, wovon ein Ende auf der Erde, das andere an ein Bambusseil befestigt ist, hängt ein eiserner Rammblock oder Bohrcylinder; durch wiederholtes rasches Niederbeugen des Baumes dringt der Cylinder in das Loch ein. Sobald derselbe sich mit dem zertrümmerten Gesteine angefüllt hat, wird er mit einer Rolle heraufgezogen, ausgeleert u. diese Operation so lange wiederholt, bis der Bohrcylinder die gehörige Tiefe erreicht hat. Die Chinesen wissen also wenig vom Meissel-, Kreuz-, Kolben-, Boden-Bohrern, von Bohrbüchsen, Schmandtlöffeln, Krätzern, Wirbeln, Abfangscheeren, Bohr- u. Stangenschlüsseln, Drehbündeln, sowie von den tausend Fuss langen gegliederten Bohr- u. Meisselstangen, Bohrkrücken u. wie die Stücke alle heissen mögen, welche bei uns zum Bohren benutzt werden. — Kind's Verbesserung des Bohrwesens besteht im Wesentlichen in der Befestigung einer Zange an dem Gestänge; wird der Hebel des Gestänges gehoben, so fällt der Bohrmeissel, welcher bei jedem Falle gedreht wird, frei hinab; drückt der Hebel das Gestänge in die Höhe, so schliesst sich die Zange u. holt den Bohrer herauf. — Die Niederbringung eines Bohrloches von 1000′ Tiefe in 6—9 Monaten Zeit ist unter günstigen Verhältnissen nichts Ungewöhnliches mehr.

Der Bohrer wird entweder in eine drehende oder stossende Bewegung gesetzt. Viel Arbeit wird dadurch erspart, dass zwischen die Wände des Bohrlochs ein Wasserstrom geleitet wird, welcher die Bohrspäne heraufbringt. Doch hängt

dies viel von der Steigkraft ab, die das W. vom Gase den Ortsverhältnissen zufolge entleihen muss. Die Niederbringung der Röhren ist oft eine schwierige Arbeit. Manche Brunnen wurden durch Fehler, die in diesem Punkte gemacht wurden, schnell werthlos.

Einen Bericht über die Niederbringung des artes. Brunnens zu Passy s. bei Hartmann. Das Bohrloch sollte 0,6 Meter breit werden. Man durchbohrte 7,3 M. Kalkstein, ebenviel Sand, 26,8 M. Thon, 5,9 M. Kalknieren u. 219 M. Kreide mit Kieselknollen. In 4½ Monaten war man erst 271 M. tief gekommen. In den reinen Kreideschichten konnte man täglich fast 5 M. abbohren, aber an den Stellen, wo Kieselknollen häufig sind, in derselben Zeit kaum 1 Meter. Die Bohrmeissel nutzen sich in diesem Kiesel-Kalkstein sehr schnell ab; während eines zweistündigen Bohrens verlieren sie fast 2 Centimeter, u. sie müssen so oft geschärft werden, als das Werkzeug aufgeholt wird, um einen vollkommen cylindrischen Querschnitt zu erhalten. Häufig ist es der Fall, dass, wenn man dem Bohrer seine Dimensionen wiedergegeben hat, er nicht in den mit abgenutzten Meisseln gebohrten Theil des Schachtes eindringen kann, so dass ein Nachbohren nöthig ist.

Die Kosten der Bohrbrunnen sind je nach Terrainschwierigkeiten u. der fortschreitenden Tiefe sehr verschieden. Das erste Bohrloch zu Artois kostete 28927 Gulden, also etwa 60000 Frcs.; man arbeitete 7 Jahre daran, um eine Tiefe von 1000 Fuss zu erreichen. Das Bohren des artesischen Brunnens zu Grenelle eine Arbeit von 7 Jahren, hat nach Arago 362432 Frcs. gekostet; Paramelle gibt 403000 Frcs. an; eine andere gewiss zu hohe Angabe ist 466655 Gulden. Das 2278′ tiefe Bohrloch zu Rehme wurde in 64 Monaten mit dem geringen Kostenaufwande von 67557 Frcs., das neue Bohrloch von Homburg in 2½ Jahren bis zu einer Tiefe von 1783′ mit nur 47215 Gulden, also etwa 100000 Frcs. Kosten abgeteuft. Die Brunnen von Rouen u. von Marseille kosteten 15—40000 Frcs. Drei Bohrlöcher, die zu Neuenahr, grossentheils durch feste Grauwacke, bis zu den Tiefen von etwa 80′ jedes getrieben wurden, machten nur etwa 500 Thlr. Herstellungskosten.

§. 64. Fassen der Quellen.

Viele Quellen bedürfen einer künstlichen Einfassung, besonders solche, die nicht aus festem Gestein entspringen. Die Einfassung schützt das Ende des Quelllaufes vor mechanischen Beschädigungen, hält fremdes W., das in der obersten Teufe zutreten würde, ab u. bewahrt bei gehöriger Einrichtung das W. mehr oder minder vor Gas-Verlust u. den Wirkungen des Luftzutrittes. Gewöhnlich wählt man zur Einfassung die Brunnenform, einen kleinern oder grössern Schacht, eine sog. Brunnenstube oder ein kleines Bassin, woraus man W. schöpfen u. nach Umständen auch pumpen kann. *) Zuweilen hat die Natur eine Felsgrotte, wie bei der Acqua santa, oder die Kunst ein Badebassin im natürlichen Felsen oder im Quellsinter angelegt. Zur Einfassung muss ein Material genommen werden, das vom W. möglichst wenig alterirt wird (Granit, Sandstein etc.), nicht Kalksteine, welche vom W. aufgelöst werden, besonders aber kein Holz, das eine Zersetzung der Sulfate u. dadurch auch eine Erzeugung von Schwefelwasserstoff veranlassen kann. **)

---

*) W., die nicht von selbst aufsteigen, wie Auslaugesoolen, werden in unterirdischen Räumen gesammelt. Zu Wieliczka wird die Salzsoole aus einem 137 Klafter tief gelegenen See gefördert, dessen Oberfläche etwa 13400 Quadratfuss u. dessen Tiefe etwa 24′ beträgt, demnach etwa 3 Millionen K.F. W. enthält.

**) Ein Holzpfropfen, der zum Stopfen eines Abflussloches in der Brunnenstube der Kaiserqu. zu Aachen gedient hatte, war an dem nach innen gerichteten Ende braunkohlenartig geworden.

Zuweilen ist die Schonung des natürlichen Quellbassins von grosser Wichtigkeit. So finden sich um jene Schwefelquellen von Baden in Oesterreich, welche durch die Geröllschichten zu Tage kommen, eigenthümliche Conglomerate, denen der aus den Qu. herrührende Gyps zum Cement dient. Diese Conglomerate bilden um die Qu. eine schützende Kruste; wo dieselbe unvorsichtiger Weise gesprengt wurde, konnte die Qu. nur mit grossen Kosten wieder gefasst werden. Umsinterungen, namentlich solche höhlenförmige, wie die Sprudeldecke zu Karlsbad, erheischen ähnliche Rücksichten. Doch ist nicht selten eine derartige Verkittung des Terrains ein grosses Hinderniss für die Qu., nach dessen Wegräumung viel mehr W. gewonnen wird (S. 131). Die Fassung muss oft den W.-Druck zu Hülfe nehmen (S. 145). Nicht selten ist es ganz unmöglich bei der grossen Durchbrochenheit des Terrains alles fremde W. abzuhalten. Ein zu wasserdichter Brunnenbau kann durch Abhaltung des seitlich ins W. eindringenden Gases nach Umständen schädlich wirken; so ist der Fall vorgekommen, dass durch eine neue Einfassung der Gehalt eines Sauerwassers an Kohlensäure viel geringer geworden ist. (Vgl. Hydro-Chemie 458.) Oft werden mehrere Quell-Adern zu Einem Brunnen vereinigt, zuweilen auch solche von verschiedener Stärke. Nicht selten werden die Quellen überdeckt oder überwölbt; das hat den Zweck, den Brunnen vor Regen, Luft u. Verunreinigungen zu schützen, oft geshieht's auch, um die Gase u. Dämpfe des W. zurückzuhalten. Auf gasreiche Quellen hat man wohl einen eisernen Helm mit einer beschwerten Klappe gesetzt, die dem Gase bei übermässiger Strömung den Ausgang gestattet; bei einer solchen luftdichten Bedeckung wirkt das comprimirte Gas auf den W.-Spiegel u. treibt das W. durch eine Röhre, welche den Helm durchbohrt, hinauf.

Die Verröhrung der artesischen Brunnen gehört auch noch hierher.

§. 65. Vermehrung der Ergiebigkeit der Quellen.

Es gibt verschiedene Mittel, wodurch das nutzbare Quantum einer M.Qu. vermehrt werden kann. Das gründlichste, wenn auch oft das schwierigste, ist eine gehörige Fassung der Quelläste. Wenn die Quelläste W. einer gleichen Mischung führen u. in hydrostatischem Zusammenhange stehen, so lässt man nur die vorzüglichsten derselben, namentlich diejenigen, welche am höchsten aufsteigen, bestehen u. unterdrückt die andern mit einer undurchdringlichen Sohle (einem mit Trass oder Cement ausgeführten Steinboden), wodurch das W. zu den Haupt-Oeffnungen hingedrängt wird. (Cf. §. 45.) Wo die Unterdrückung so nicht möglich, mauert man wasserdichte Gehäuse um die unbrauchbaren Quelläste oder setzt Thonröhren auf dieselben, worin sie so weit aufsteigen, als sie können u. dann eine ruhende W.-Säule bilden, die einen Gegendruck auf die Hauptquellen ausübt, wodurch diese höher aufsteigen. Auch mit süssem W. kann eine drückende W.-Säule zuweilen mit Vortheil hergestellt werden. (S. 145.)

Das zweite, sehr oft gebräuchliche Mittel ist eine dauernde oder temporäre Erniederigung des W.-Spiegels. Dauernd wird das Niveau erniedrigt durch das Tieferlegen des Ausflusses der Quelle; bei tieferm Niveau pflegt sich die W.-Masse bedeutend zu vergrössern. (Vgl. §. 44.) Doch findet

das Tieferlegen eine Grenze; wird der Abfluss einer Qu. zu tief gelegt, so zieht sich Wild-W. in die Qu. hinein; sie wird also ärmer an Gehalt, u. wenn sie thermal ist, verliert sie an Wärme. Erlauben die Ortsverhältnisse nicht das Tieferlegen, dann ist das Niveau nur durch Ausschöpfen oder Auspumpen niederiger zu halten; das Auspumpen, wenn es mit gehörigem Nachdruck geschieht, vertritt dann das bleibende Tieferliegen des Niveaus; die Pumpröhre zieht ja das W. mehr oder minder tief unter dem gewöhnlichen W.-Spiegel u. der von der Pumpe verursachte Zug bewirkt das, was sonst die Wegnahme der W.-Säule durch Tieferlegen macht, einen stärkern Zufluss von unten. Die von der Pumpe geleistete Arbeit kann durch Dampfkraft bedeutend gesteigert werden. Doch ist es immer nur eine bestimmte, von dem Drucke, worunter das W. in der betreffenden Höhe steht, abhängige Menge, welche durch Pumpen gefördert werden kann. Man vermeidet es übrigens so viel als möglich Pumpen auf Quellen zu setzen, namentlich auf solche, die zum Trinken benutzt werden. Der Reiz der Natürlichkeit wird einer Qu. durch die Pumpe genommen. Zudem ist die Einwirkung des W. auf das Metall (Eisen, Blei) der Pumpe u. des Metalls auf das W. zu berücksichtigen. Zugpumpen tragen zur Entbindung der absorbirten Gase bei. Auf die Tober'sche Hebemaschine komme ich in einer andern Schrift zu sprechen; sie ist namentlich bei kargen Qu. von Vortheil, die durch vieles Schöpfen leicht getrübt werden.

Nicht selten fordert der Bade-Betrieb aber ein aktiveres Einschreiten zur Vermehrung der W.-Masse, die Anlage von Bohrlöchern oder andere Nachgrabungen. An vielen Quell-Orten hat man durch Erd-Arbeiten, namentlich durch Anlage von Gängen (Galerien) die W.-Menge bedeutend vermehrt.

Zu Luchon wurden grossartige Gänge im Felsen angelegt u. dadurch eine grosse Zahl neuer Quellen entdeckt. — Durch die bedeutenden Erd-Arbeiten, welche 1859 u. 60 zu Plombières angelegt worden sind, wurde die W.-Masse von 259 K.M. auf 584 täglich vermehrt. — Zu Gastein ist man der Hauptqu., die täglich fast 100000 K.F. liefert, mit einem 11 Klafter langen Stollen nachgegangen. —

Zu Bertrich kommt die Therme aus einem 64 F. tiefen Brunnen. —

Zu Warmbrunn hat man ein 10″ weites Bohrloch 136′ tief in den Granit getrieben u. dadurch eine Qu. gewonnen, die täglich 1000 K.F. gibt, während früher das W. bei weitem karger war. — Das zu la Malou im J. 1838 angelegte Bohrloch von 29 M. Tiefe gab eine ergiebige warme Springquelle. —

Viele Qu. von Vichy u. der Umgegend sind das Ergebniss von Bohr-Arbeiten. —

Wenn M.W. aus tertiären Schichten entspringen, so muss man voraussetzen, dass der abhängige Theil des Thales oder der Ebene den Erdrissen entspreche, woraus das W. emporkommt. Zwischen diesem vermuthlichen Punkte u. dem Orte, wo schon eine Qu. an der Oberfläche entspringt, muss der Bohrer angesetzt werden. Die Richtung der Tertiärschichten gibt die der tiefer liegenden Felsen an. Zwischen dem Orte, wo die Schichten abfallen u. dem Ursprunge der M.W. muss nun auf W. gesucht werden. Dies ist eine Regel, wobei Brosson nie irre ging. Wo angeschwemmte Lagen oder Travertine die Tertiärschichten decken, sind sie vorerst zu entfernen. Sind mehrere Säuerlinge an einem kleinen Orte beisammen, so muss

der artesische Brunnen an den tiefsten Punkt des sie verbindenden Dreiecks gelegt werden. (Nivet.)

„Für die Gruppe der M.Qu. längs des Saalthales ist es rücksichtlich ihres Zutagetretens von Wichtigkeit, dass es in solchen Punkten geschieht, wo Senkungen u. Spalten im Sandsteinlager vorhanden sind, wie sich dies vorzüglich beim Bohren des Soolsprudels zeigte, in Punkten insbesondere, wo der Muschelkalk zurückweichend, dem Sandstein der Fläche nach angrenzt. Entschieden erkennt man dies in der Gegend, wo der Rakoczy u. Pandur emporquellen" (Balling, Kissingen; 1837).

Inkrustirende Qu. verengen ihre Mündungen mit der Zeit zuweilen so, dass sie versiegen, die höhern Stellen verlassen u. sich neue Ausgänge suchen; an solchen Orten kann man sicher auf die Unzulänglichkeit der bestehenden Mündungen schliessen u. bei Anlegung neuer Oeffnungen hoffen, wärmeres u. ergiebigeres W. zu erlangen. Wärmeres W. erlangt man, wenn durch die neuen Oeffnungen der unterirdische Lauf abgekürzt wird u. damit die Abnahme der ursprünglichen Wärme vermindert wird.

Auf diese Weise wurde zu St. Nectaire eine karge Qu. von 40° zu einer reichlichen von 44° umgewandelt; zu St. Nectaire-en-Bas erhielt man so zwei reiche Qu. von 40° u. 44° statt einer kleinen von 35°. Eine Qu. zu Royat gewann 2—3½° Wärme dadurch, dass man ihr einige Meter tiefer als früher unter der Sinterdecke einen Ausweg schaffte. (*Nivet Eaux min. 1850.) Hier wurde auch eine Qu. durch das Bohren auf das Fünffache vermehrt.

Es hängt von der Grösse der unterirdischen W.-Becken ab, ob die bestehenden natürlichen oder artesischen Brunnen durch neu angelegte Bohrlöcher beeinträchtigt werden. Im Allgemeinen schadet ein Bohrloch den natürlichen Quellen nicht, nur glaubt Nivet, dort eine Ausnahme von dieser Regel machen zu müssen, wo, wie z. B. zu Vichy, die Spannung der Kohlensäure zur Hebung des W. beiträgt u. wo daher dies Gas gewöhnlich mit dem W. durch das Bohrloch einen neuen Abzug erhält. An vielen Orten hat man durch die Anlage von Bohrlöchern einen Zuwachs an W. zu den bestehenden Qu. erlangt. Dagegen wird die W.-Menge bestehender Bohrlöcher durch die Anlage neuer häufig geschmälert.

Die zu Ennet-Baden seitlich von der Quellspalte bis in den Felsen erbohrte Qu. zum Engel hat die Masse der andern Quellen von Baden (Aargau) am andern Ufer vermindert. —

Nirgendwo ist der Zusammenhang zwischen den natürlichen u. den erbohrten Qu. deutlicher als im Diluvialbecken von Kannstatt. Der Boden dieses Beckens wird in einer Tiefe von 160—180 F. von Muschelkalk gebildet u. ist ausgefüllt von vielen Thon- u. Mergelschichten, Kiesgerölle u. theilweise von Tuff, einem urweltlichen Absatze der Quellen. Die 7 natürlichen Qu., wie die 20 artesischen Brunnen, meistens Springquellen, bringen ein laues gasreiches Salz-W. zu Tage, täglich etwa 648—800000 würt. K.F., die zahlreichen Qu. ungerechnet, die im Neckar ausfliessen. Die Qu. pflegen im Gehalte etwas zu schwanken, wahrscheinlich durch eine Vermischung mit Neckar-W. u. Tage-W., obwohl im ganzen Thale kein süsses W. aufgefunden wird. Bei starkem Regen u. bei hohem W.-Stande des Neckars vermehrt sich der Zufluss des W. bedeutend. Der Wilhelmsbrunnen gibt bei mittlerem Neckarstande 240 Maass die Min.; am 2. August 1851, als der Neckar um 18′ gestiegen war, gab er bis 444 Maass. Steht der Neckar hoch, so wird der Ausfluss der vielen in seinem Bette austretenden Qu. gehemmt. Aber beim höchsten W.-Stande bleiben die Qu. klar, so dass man kein unmittelbares Zuströmen des Neckar-W. annehmen kann. Hier hat man nun sehr oft die Beobachtung gemacht, dass das Erbohren neuer Brunnen oder Tieferbohren schon vorhandener die W.-Menge der übrigen

bedeutend, öfters bis zum Versiegen verminderte. Mit der Verminderung des W. tritt dann auch eine Abkühlung ein u. eine Abnahme an Gas, indem verhältnissmässig mehr Süss-W. zuströmt. Ganz nahe gelegene Brunnen haben sich übrigens zuweilen ganz unabhängig von einander bewiesen, während sie einen Zusammenhang mit entferntern zeigten. Die von einander unabhängigen müssen sonach von gesonderten Adern gespeist werden, die wahrscheinlich in verschiedenen Schichten verlaufen. Seitdem im Kannstatter Becken die vielen artesischen Brunnen gegraben worden sind, fliesst doch vielleicht nicht mehr W. aus, wie vorher, da die natürlichen Qu. danach bedeutend abgenommen haben. (Veiel Kannst.; 1852.)

§. 66. Leitung des Wassers.

Vgl. Bolley chem. Technologie des Wassers; 1862.

Ueber die Form der Röhrenleitungen ist nur Weniges zu bemerken. Sie müssen so eingerichtet sein, dass oben u. unten, auch wenn das W. nicht fliesst, keine Luft eintreten kann, u. dürfen keine unnöthigen Ausbiegungen haben. Oefters sind Hähne zur temporären Entfernung der Luft oder zur Hebung von Verstopfungen nöthig.

Zu Lamotte les Bains wird das Thermalwasser durch einen umgekehrten Heber von beträchtlicher Länge geführt. *)

Zu Röhrenleitungen ist vor Allem ein festes, den nöthigen Druck aushaltendes, nicht poröses Material erforderlich; auch muss das Aneinanderschliessen der einzelnen Theile wasserdicht sein. Ein ferneres nicht unwesentliches Erforderniss ist die Dauerhaftigkeit des Materials gegen den Einfluss der Bodenfeuchtigkeit u. namentlich auch gegen den chemischen Einfluss des geleiteten Wassers. Das Material soll sich gegen das W. möglichst indifferent in chemischer Hinsicht verhalten.

Oberirdische hölzerne Leitungen sind besonders bei den Salinen üblich. Sie sollen oft 30—40 Jahre brauchbar bleiben. Man wählt zu hölzernen Leitungen gewöhnlich das Holz der Fichten oder Rothtannen, das im Spätherbste gefällt wird. Das Holz schützt man durch Theeranstrich, Kochen in Theer, Injektion anderer conservirenden Substanzen. **) Zu Amélie wird das Thermal-W. für das Militärbad 600 M. weit unter 19 M. Druck geleitet u. zwar durch Fichtenholz-Röhren von 10 Centim. Weite, die innen mit einer saturirten Lösung von Chlorzink bestrichen u. mit flüssigem Cement (de Vassy) geschützt sind.

Thönerne Röhren haben den Vortheil, dass sie ein chemisch indifferentes Material abgeben u., vor Bruch durch Frost, mechanische Gewalt etc. geschützt, sehr dauerhaft sind. Sind sie innen glasirt, so haben sie weniger Disposition zur Bildung von Ablagerungen. Der grösste Uebelstand der

---

*) Joanne (Bains d'Europe) drückt sich darüber so aus: „Le petit toit, qu'on aperçoit à quelques mètres de distance, du côté du Drac (rivière), ... couvre le réservoir qui sert à alimenter une colonne motrice, parcourue par l'eau thermale qui, à partir de ce lieu élevé, suit par sa propre pesanteur, pendant près de 1400 mèt. l'espèce de corniche tracée sur le flanc de la façade orientale de l'établissement. Arrivée là, cette eau trouve un nouveau siphon renversé qui la ramène sur la rive gauche du ravin et enfin la conduit dans les réservoirs.“

**) Schon bei Galen finde ich die Bemerkung, dass man die Leitungsröhren innen mit Pech oder Gyps bestrich.

thönernen Röhren ist der, dass sie aus kleinern Stücken zusammengesetzt werden müssen. Sie pflegen mit hydraulischem Kalke verkittet zu werden. Gute Röhren können 300′ W.-Druck aushalten.

Gläserne Röhren sollen in Böhmen zu Leitungen benutzt worden sein.

Gebohrte Steinröhren (Quadersandstein) sind in Dresden zu einer Leitung von 110000 F. Länge angewandt worden. Sie sind nicht vollkommen wasserdicht. Auch in Prag hat man marmorne gebohrte Röhren zu Leitungen verwendet.

In neuerer Zeit hat man an vielen Orten, besonders in Frankreich (Valence, Grenoble etc.) Röhren aus hydraulischem Kalk, Cementröhren, gelegt. Zu Aix ist eine Cementröhren-Leitung von 268 M. Länge.

Röhren aus Gusseisen, seltener aus Eisenblech, haben ausser manchen Vortheilen den üblen Umstand, dass sich in ihnen durch gewisse Wässer leicht knollige Verstopfungen aus Eisenoxyd u. Eisenoxydul ansetzen. Emaillirte gusseiserne Röhren sind noch zu hoch im Preise. Auch springt die Emaille leicht ab. Zu Vichy ist eine Leitung von 2600 M. Länge aus Eisenguss.

Bleiröhren sind wegen ihrer Biegsamkeit u. Löthbarkeit, vorzüglich aber wegen der Wohlfeilheit u. Dauerhaftigkeit die gebräuchlichsten für W.-Leitungen. Zu Amélie sind die 300 M. langen Röhren, die in Süss-W. liegen u. zur Abkühlung des W. dienen, von Blei.

Röhren aus reinem Zink sind weder für gemeines W. noch für M.W. passend; Rothkupfer ist für gewisse Kochsalz-W. vorzuziehen; für geschwefeltes W. ist verzinntes Blei zu nehmen.

Thomä machte in dem 46° warmen W. einer Quellader zu Wiesbaden Versuche über die Auflöslichkeit des zu einem Plattenpaar verbundenen Zinks u. Kupfers. Während in einer gewissen Zeit, dass diese Metalle in W. gelegen hatten, das Zink ¼ seiner Dicke verloren hatte, blieb das Kupfer fast ganz unversehrt. Thomä schlägt darum vor, die Kupferröhren durch Zink oder Eisen vor der corrodirenden Wirkung des W. zu schützen.

Den Röhren u. Becken von verzinntem u. an vielen Stellen verlöthetem Eisenbleche, welche im Laufe eines Jahres so zerfressen waren, dass eine stete Erneuerung derselben nothwendig ist, schrieb Fresenius die Spuren von Zinn, Blei u. Wismuth zu, die er im W. des Wiesbadener Kochbrunnens fand. Zu Baden bei Wien hat man für den Trinkbrunnen ein porzellanenes Ausflussrohr gewählt, da jedes Metall, selbst Glas angeblich von diesem W. angegriffen u. mit der Zeit zerstört wird.

Bei den artesischen Brunnen nimmt man zur Verröhrung des Brunnens Holz, Eisenblech, auch wohl Kupfer. (Vgl. Hoffmann Homburg.) Die Kohlensäure wirkt besonders auf Eisen sehr zerstörend ein.

Nivet empfahl für die Seitenleitungen der artesischen Röhren gläserne Hähne, die aber nicht praktisch sein möchten.

Beibehaltung der Wärme. Bezweckt man keinen Wärme-Verlust, so müssen die Röhren aus einem Material genommen werden, das wenig Wärme durch Leitung abgibt u. ausstrahlt. Metalle haben ein grosses Wärme-Leitungs-Vermögen *), Thon u. Holz ein viel kleineres, doch strahlt

*) Für Kupfer ist es z. B. 898, für Zink 363, für Marmor 23,6, wenn das von Porzellan 12,2 ist. (Despretz.)

Holz viel Wärme aus. Das Ausstrahlungsvermögen ist um so geringer, je glatter u. reiner die Oberfläche; Zinn strahlt z. B. nur 1/8 der Wärme aus, welche Kienruss ausstrahlt. Die Umgebung der Röhren mit einem schlechten Leiter, Holzmehl, Werg, Leder u. dgl., ist sehr passend, insofern er sich vor Feuchtigkeit schützen lässt; denn die Feuchtigkeit würde ihn zu einem guten Leiter umändern. Schon die Römer umgaben die Röhren mit Kohlenpulver; auch Nivet empfiehlt dieses Verfahren; doch dürfte es deswegen nicht sehr zu empfehlen sein, weil es die Röhren schwärzt u. so zu besser ausstrahlenden Medien macht. Die Röhren müssen in einem vor Luftzug u. Feuchtigkeit geschützten, möglichst tief unter der Erde verlaufenden Kanale liegen u. zwar auf so wenigen Stützpunkten als möglich. Bei einer Leitung zu Aachen verlor man merklich an Wärme, dadurch, dass man die früher auf isolirten hölzernen Stützpunkten liegenden Röhren, auf eine continuirliche Steinmauer legte, obwohl die darauf gelegten Bleiröhren in einer ziemlichen Tiefe unter dem Pflaster in einem geschlossenen Kanale angebracht sind. Man hat anderwärts Holzleitungen, die Umgebung mit einem leeren Holzkasten oder mit einer Paste aus Harz oder einer Mischung von Thon mit Haaren, getheerten Hanfkordeln, oder mit Harz bedecktem Mörtel zweckentsprechend gefunden. Durch solche Schutzmittel der Wärme kommt man so weit, dass man für jede 100 Meter Leitung nur 1/10° C. verliert. (François.)

Nach den Versuchen von Darcy verliert ein W. von 27° nur 5°85, wenn es 2320 Meter in 8 Stunden Zeit (!) in Röhren zurücklegt, die 1,3 M. etwa unter dem Boden liegen; aber nur 1°7, wenn es während 8 Stunden ruhig in den Röhren eingeschlossen blieb. Dabei war die äussere Temperatur 5° unter Null.

Das W. Espagnols zu Cauterets wurde bis 1859 in Holzröhren geleitet; man verlor auf je 100 M. nicht über 0°55. (Reveil.) Jetzt ist dort eine Leitung von 290 M. Länge u. 95 M. vertikaler Höhe, aus Röhren von gebackener Erde mit Cement u. einem Mörtel-Ueberzuge gemacht, wobei nur 1°5 verloren geht; bei der alten Holzleitung verlor man 5°2 u. zudem ein Drittel des Schwefels, während jetzt fast kein Verlust an Schwefel stattfindet. (*François.)

Früher lief die äusserst ergiebige, 33°6 warme, gasreiche Rehmer Soole in einem offenen, 923 Meter langen Graben mit starkem Gefälle ab. Auf diesem Laufe fand bei 10° Luftwärme nur eine Abkühlung von 4°25 statt u. dies hauptsächlich durch Verdunstung. In Röhren gefasst, kann die Soole, wie sich ergeben hat, über 377 Meter weit geleitet werden, ohne 1¼° zu verlieren.

Die Gasteiner Wasserleitung nach Hof Gastein ist 4471 w. Klafter oder 8480 Meter lang; auf 1 Klafter kommt ½" Gefäll. Durch Hineinschütten von gepulvertem Sandelholze fand sich, dass das W. diesen Weg erst in 2¼ Stunde zurücklegt. Dem entsprechend — bei einem über dreimal längern Aufenthalte über Weg im Vergleiche mit Pfäfers; s. unten — verliert das W. auch wohl dreimal so viel Wärme wie hier. Es geht mit 47°5 Wärme ab u. kommt auch bei der ungünstigsten Witterung noch mit einer zum Baden hinreichenden Wärme, gewöhnlich mit 32°5—36°2 (nach Snetiwy selbst bei anhaltendem Regen- oder Schneewetter mit 35°, bei warmer Witterung mit 38°7—41°23) an. Als es im Mai einmal —3°4 kalt war u. einige Tage geregnet hatte, floss das W. dennoch mit 33°7 aus. Die gut geschlossenen Leitungsröhren sind aus Lärchen- u. Fichtenholz u. haben eine Mündung von 3½—5" (anfangs 6, am Ende 3" nach Snetiwy). Sie liegen theils ganz zu Tage (an den Schluchten u. Bächen auf Stegen ruhend), theils nur 1—2 Schuhe von der Erde bedeckt. Von Heissling, von wo an die Röhren meist unter der Erde liegen, sind sie von Thon.

Die sehr wasserreiche Lorenzquelle von Leuk hat im Reservoir 51° (an der Qu. 51°25) u. nachdem das W. eine Leitung von 64 Meter durchlaufen hat, in den neuern Bädern 50°6 (Sept. 1844 bei 17—28° Luftwärme).

Die Thermen von **Pfäfers** liegen 682 Schuh von der Anstalt ab; das warme W. wird in einer finstern Felsschlucht, wodurch die — vom Thermalwasser etwas erwärmte — Tamina tost, nach Pfäfers hingeleitet. Die Leitung ist 1500′ lang, hat ein Gefäll von 13 oder 18′ u. das W. durchläuft diesen Raum in 6¾ oder 8 Min.. Die Wassermasse ist bedentend, an 785 Maass in der Minute. Die Quelle ist 37°19 warm u. das W. im Trinksaale zu Pfäfers nur 0°62 (½ Grad R.) weniger warm. Nach Krahmer hatte es an der Qu. 37°4, im Trinksaale 37°1, in den Bädern 36°7. Die Leitung von Pfäfers nach Ragaz beträgt nun noch 12506′ oder 14000′ mit 544′ oder 600′ Fall u. das W. läuft noch 43 oder 42 Minuten auf diesem Wege. Nun kommt das Wasser — wenn der Zufluss nicht ungewöhnlich klein ist — mit 34°69 bis 35° (nach Krahmer sogar mit 35°4, in den Badstuben nach ihm mit 34°8) an. Die nach Ragaz gehende Wassermasse beträgt etwa 321—570 Maass in der Minute. Also ist der ganze Verlust von Wärme auf einem Wege von 14000—15500′ nur 2°6!

Einen eigenthümlichen Zweck verfolgt die Leitung des W. zu **Chaudes-aigues**, nämlich **Wärme-Abgabe** zur Erwärmung der Wohnungen.

Zu **Chaudes-aigues** heizt man nämlich im Winter die Häuser mit dem Thermalwasser. Das W. der Par-Quelle, 160 Liter in der Minute betragend, wird in ein Reservoir aufgenommen, das auf dem höchsten Punkte der Stadt liegt. Von da gehen hölzerne Röhren aus, die an beiden Seiten der Strasse verlaufen u. an jedes Haus W. abgeben. Der Boden der Häuser ist in kleine untereinander zusammenhängende Bassins vertheilt, die nach oben zu bedeckt sind. Das in die Bassins laufende W. fliesst, nachdem es durchgelaufen ist, wieder in den Hauptkanal hinein. Die Masse des in die Häuser einlaufenden W. lässt sich nach Bedürfniss regeln. Die Temperatur der Räume kann bis 22—26° gehen. Man schätzt das der Gemeinde durch diese Heizungsart ersparte Geld als Aequivalent eines Waldes von wenigstens 540 Hektaren. Ausserdem benutzt man noch dies W. zum Ausbrüten der Eier. Cf. Chevallier Sur l'applic. d'une eau min. therm. au chauffage des maisons; vor 1841.

§. 67. Physik der Wässer der Flüsse und See'n.

Die **Wärme** der Flusswässer hat ein balneologisches Interesse. Es gibt Flusswässer von sehr niederiger Temperatur; nämlich solche, welche ihre Entstehung dem Schmilzen des Eises verdanken oder doch an Orten mit einer geringen Luftwärme entspringen. Im Sommer hat das W. grösserer Flüsse in unsern Breiten meistens unter 20°. Humboldt fand die Temperatur der Flüsse im Sommer (bei Wien u. Dresden) zu 17—19°; dagegen in 5—8° Breite den Orinoko auf seiner Oberfläche nahe am Ufer, so wie mitten im Strome, 27°5—29°5 warm u. zwar von gleicher Wärme während des Tages u. der Nacht, nachts sogar öfters ein paar Grad wärmer als die Luft. Der Congo ist im Juli u. August 23°9—25°6 warm. Die Temperatur des Amazonas beträgt fast überall 26°2 u. ist wenig von dem mittleren Stande der Luftwärme (27°8) verschieden; aber an Orten, wo seichte Stellen den Sonnenstrahlen ausgesetzt sind, nimmt das W. oft eine Wärme von 46—50° an, so dass alle Fische von da verscheucht werden. (Spix u. Martius.) Vgl. S. 255.

Die Wärme der See'n geht in unsern Breiten zuweilen über 20°; so kommt das W. des **Plattensee's** im Sommer wohl an 24°, das des **Neusiedler See's** auf 22°5—25°.

Ueber die **Farbe** der Flüsse u. See'n ist schon in §. 2 gesprochen worden; hier will ich jedoch die merkwürdigen Beobachtungen Humboldt's über die schwarzen Flüsse in Amerika u. einige Reflexionen von Koristka über die Farbe gewisser Gebirgssee'n nachtragen.

„Der Zama, der Mataveni, der Atabapo, der Tuamini, der Guainia führen **aguas negras**, das will sagen, ihre Gewässer in grossen Massen betrachtet, stellen sich braun wie Kaffee oder schwarzgrünlich dar. Nichtsdestominder sind es vollkommen helle, ganz klare u. sehr angenehm schmeckende Wasser. Ich habe oben schon bemerkt, dass die Krokodile u., wenn nicht die Zacundos, doch wenigstens die Mosquitos ziemlich allgemein die schwarzen W. meiden. Das Volk behauptet ferner, die Felsen werden durch diese W. nicht braun gefärbt, u. die weissen Ströme

haben schwarze Ufer, während die schwarzen Ströme weisse Ufer haben. Wirklich bieten die Gestade des Guainia, dem die Europäer den Namen Rio-Negro geben, vielfältige Quarzmassen dar, die aus dem Granit hervorkommen u. glänzend weiss sind. In ein Glas aufgefasst, ist das W. vom Mataveni ziemlich weiss, wogegen das vom Atabapo eine braungelblichte Schattirung behält. Wenn ein gelinder Wind die Wasserfläche dieser schwarzen Ströme in Bewegung setzt, so nehmen sie, wie die Schweizerseen, die Farbe von schönem Wiesengrün an. Im Schatten sind der Zama, der Atabapo u. der Guainia schwarz wie Kaffeesatz. Diese Erscheinungen sind so auffallend, dass die Indianer allenthalben die Gewässer in schwarze u. weisse eintheilen. Die letztern habe ich öfters als künstlichen Horizont benutzt, sie werfen die Sternbilder mit bewundernswerther Klarheit zurück." (S. 133.)

„Die Farbe der Gewässer von Quellen, Strömen u. See'n gehört unter die Aufgaben der Naturlehre, welche durch direkte Versuche zu lösen, schwer, wo nicht unmöglich ist. Die Schattirung des zurückstrahlenden Lichtes ist überhaupt von der des durchgehenden Lichtes sehr verschieden: dieser Fall tritt insbesondere da ein, wo der Durchgang durch grosse Massen von Flüssigkeit geschieht. Wenn keine Strahlen-Absorption stattfände, würde das durchgehende Licht allzeit eine Schattirung haben, die das zurückstrahlende Licht ergänzen möchte; überhaupt aber lässt sich vom durchgehenden Licht kein richtiges Urtheil fällen, wenn ein niedriges Glas, das eine enge Oeffnung hat, mit W. gefüllt wird. In einem Strome rührt das zurückgeworfene gefärbte Licht allzeit von den innern Schichten der Flüssigkeit, u. nicht von ihrer oberen Schichte her." *)

„Berühmte Naturforscher, welche die reinsten W. der Gletscher u. die aus den mit ewigem Schnee bedeckten Bergen herkommen, wo der Boden keinerlei Pflanzen-Ueberbleibsel enthält, untersucht haben, sind der Meinung gewesen, die eigenthümliche Farbe des W. dürfte blau oder grün sein. In der That ist durch nichts erwiesen, dass das W. seiner Natur weiss sei, u. dass allzeit das Dasein eines färbenden Grundstoffs müsse angenommen werden, wenn die W.-Spiegel gefärbt erscheinen. In Strömen, welche einen färbenden Grundstoff enthalten, ist dieser meist in so geringer Menge vorhanden, dass er sich jeder chemischen Untersuchung entzieht. Die Farben des Ozeans scheinen öfters weder von der Beschaffenheit des Meeresgrundes, noch vom Reflex des Himmels u. der Wolken herzurühren. Ein grosser Naturforscher, Hr. Davy, soll, wie verlautet, der Meinung sein, es könnte das Kolorit der verschiedenen Meere vielleicht von ihrem verschiedenen Jod-Gehalte herrühren."

„Aus den Schriften der Erdbeschreiber des Alterthums ersehen wir, dass schon die Griechen die blauen Gewässer der Thermopylen, die rothen W. von Japho u. die schwarzen W. der warmen Bäder von Astyra, Lesbos gegenüber **), als bemerkenswerth unterschieden haben. Einige Ströme, die Rhone z. B. in der Nähe von Genf, zeigen eine sehr auffallend blaue Farbe. Die Schneewässer in den Schweizeralpen sollen, wie man versichert, zuweilen eine in Wiesengrün übergehende Smaragdfarbe besitzen. Verschiedene See'n in Savoyen u. Peru haben ein bräunlichtes, beinahe schwarzes Kolorit. Die meisten dieser Farben-Erscheinungen werden in Gewässern beobachtet, die man für völlig rein hält, u. durch Schlüsse der Analogie mag eher, als durch direkte Versuche, dieser zur Zeit noch sehr dunkle Gegenstand einiges Licht erhalten. In dem grossen Stromsysteme, das wir zu beobachten Gelegenheit hatten, bleiben (u. diese Thatsache scheint mir sehr auffallend) die

*) „Newton, Opt., Lib. I, P. II, Prop. X, Probl. 5. Welaval, on permanent colours of opake bodies, in den Mem. of Manchester, 1789. Tom. II. p. 240."

**) „Pausanias, Tom. II, Messen. cap. 35 (Clavier's Ausgabe S. 488). Siehe auch Strabo, Lib. XVI, ed. Almalov. Tom. II, p. 1125 B." (Die auf die blauen W. sich beziehende Stelle von Pausanias lautet: „Zu Mothone ist ein Tempel der Diana mit einem Brunnen, dessen mit Pech gemischtes W. den angenehmen Geruch u. ganz die Farbe der Cyzicenischen Salbe hat. Von allen Wässern, die ich je sah, ist das am meisten blaue das in den Thermopylen, nicht überall daselbst, sondern besonders das, welches in die Piscine fliesst, welche die anwohnenden Weiber Töpfe nennen." L.)

schwarzen Wasser hauptsächlich auf den Aequatorial-Streif beschränkt. Man nimmt sie zuerst wahr gegen den 5. Grad nördlicher Breite; sie sind in Menge vorhanden bis jenseits des Aequators, gegen den 2. südlichen Breitegrad. Die Ausmündung des Rio-Negro liegt sogar unter 3° 9′ der Breite; allein es zeigt sich auf diesem Raume in den Wäldern u. Savanen eine so ausserordentliche Mischung von schwarzem u. weissem W., dass man über die Ursache der Färbung der Gewässer ungewiss bleibt. Der Cassiquiare, welcher sich in den Rio-Negro ergiesst, hat weisse W., gleich dem Orenoko, aus dem er entspringt. Von zwei Zuflüssen des Cassiquiare, die nur wenig von einander entfernt liegen, dem Siapa u. dem Pacimony, ist der eine weiss u. der andere schwarz."

„Erkundigt man sich bei den Indianern über die Ursache dieser seltsamen Färbungen, so antworten sie, wie zuweilen auch in Europa auf physikalische oder physiologische Fragen geantwortet wird, durch Wiederholung der Thatsache in andern Worten. Wendet man sich an die Missionarien, so behaupten diese, als ob sie den vollständigsten Beweis ihrer Behauptung in der Hand hätten: „die Wässer färben sich, indem sie über die Wurzeln der Sarsaparille fliessen." Die Pflanzen der Smilaceen-Familie wachsen allerdings in Menge an den Gestaden des Rio-Negro, des Pacimony u. des Cababury; ihre im W. eingeweichten Wurzeln liefern einen braunen, bittern u. schleimigten Extractiv-Stoff; allein wie viele Smilax-Büsche haben wir nicht an Orten gesehen, wo die W. ganz weiss sind? Wie kommt es, dass in dem sumpfigen Wald, durch den unsere Piroge vom Rio Tuamini zum Canno Pimichin u. zum Rio-Negro getragen werden musste, wir auf dem nämlichen Erdreich abwechselnd Flüsse von weissem u. andere von schwarzem Wasser durchwatet haben? Wie geschieht es, dass kein Fluss bekannt ist, der nahe bei seinen Quellen weiss u. auf seinem weiteren Wege schwarz gefärbt wäre? Mir ist nicht bekannt, ob der Rio-Negro seine braun-gelbe Farbe bis zu seiner Ausmündung beibehält, der Menge weissen W. unerachtet, das ihm der Cassiquiare u. der Rio-Blanco zuführen. Weil Hr. de la Condamine diesen Strom nordwärts vom Aequator nicht gesehen hat, konnte er den Farbenunterschied auch nicht beurtheilen."

„Obgleich der Pflanzenwuchs, um des vielen Regen-Niederschlags willen, in der Nähe des Aequators kräftiger ist, als 8 bis 10 Grade nordwärts u. südwärts, so kann jedoch gar nicht behauptet werden, dass die ein schwarzes W. führenden Ströme vorzugsweise in den dichtesten u. schattenreichsten Waldungen entspringen. Ein grosser Theil der aguas negras kommt vielmehr aus den offenen Savanen, die sich vom Meta, über den Guaviare, gegen den Caqueta ausdehnen. Auf einer Reise, die ich in Gesellschaft des Hrn. von Montufar, aus dem Hafen von Guyaquil nach den Bodegas de Babaoja, zur Zeit der grossen Ueberschwemmungen gemacht habe, war mir die Aehnlichkeit des Kolorites der ausgedehnten Savanen des Invernadero del garzal u. des Lagartero mit demjenigen des Rio-Negro u. des Atabapo sehr auffallend. Diese zum Theil seit drei Monaten überschwemmten Savanen bestehen aus Paspalum, Eriochloa u. verschiedenen Cyperaceen-Arten. Die Gewässer, die wir befuhren, waren vier bis fünf Fuss tief; ihre Temperatur betrug am Tage 33 bis 34 Centesimalgrade; sie dünsteten einen starken schwefligten Wasserstoffgeruch aus, wozu allerdings die auf der Oberfläche dieser Sumpfwässer schwimmenden Stämme faulender Arum- u. Heliconien-Gewächse mitwirkten. Die W. vom Lagartero hatten durchscheinend eine goldgelbe u. reflektirend eine kaffeebraune Farbe, welches ohne Zweifel von einem Hydrogen-Carbure herrührt. Eine ähnliche Erscheinung zeigt sich in dem Dungwasser, welches unsere Gärtner bereiten u. in dem Abfluss der Torfgruben. Liesse sich nicht ebenfalls annehmen, es sei eine Mischung von Kohlenstoff u. Wasserstoff, ein Pflanzen-Extractiv-Stoff, welcher die schwarzen Flüsse, den Atabopo, den Zama, den Mataveni u. den Guainia, schwarz färbt? Die häufigen Aequatorial-Regen tragen freilich, indem ihre W. eine dichte Filzmasse von Graspflanzen durchseihen, das Ihrige bei. Ich lege diese Gedanken nur zweifelnd vor. Das färbende Prinzip scheint nur in geringer Menge vorhanden; denn die W. des Guainia oder des Rio-Negro werden durch's Sieden nicht braun, wie bei anderen mit Hydrogen-Carbure stark gesättigten Flüssigkeiten geschieht."

„Merkwürdig ist insbesondere auch, dass diese Erscheinung der schwarzen W., von der man glauben könnte, sie gehöre den niedrigen Regionen der heissen

Zone ausschliesslich an, hinwieder, obgleich nur selten, auf den Plateaus der Anden vorkommt. Wir fanden die Stadt Cuenca, im Königreich Quito, von drei kleinen Flüssen umgeben, dem Machangara, dem Rio del Matadero u. dem Yanuncai. Die zwei ersten führen weisse, der dritte schwarze Gewässer (aguas negras). Gleich denen vom Atabapo erscheinen diese W. kaffeebraun durch Reflexion u. blassgelb durch Transmission. Sie sind sehr schön, u. die Einwohner von Cuenca, welche sich derselben als Trinkwasser vorzugsweise bedienen, bringen ihre Farbe auf Rechnung der Sarsaparille, die an den Ufern des Rio Yanuncai in Menge wachsen soll. (S. 164—169.)

„Der Rio Paragua, oder derjenige Theil des Orenoko, den man ostwärts der Mündung des Guaviare aufführt, besitzt ein helleres, durchsichtigeres u. reineres W., als der Orenoko unterhalb von San-Fernando befasst. Die Gewässer des Guaviare hingegen sind weiss u. trüb; ihr Geschmack ist, nach dem Urtheil der Indianer, die hierfür sehr zarte u. geübte Organe haben, demjenigen der Gewässer des Orenoko in der Nähe der grossen Katarakten völlig zutreffend. „Bringt mir die W. von drei oder vier grossen Flüssen dieses Landes, sprach ein alter Indianer der Mission von Javita zu uns, so will ich euch, aus dem Geschmack derselben mit Zuverlässigkeit sagen, wo die W. her sind, ob sie einem weissen oder schwarzen Fluss, dem Orenoko oder dem Atabapo, dem Paragua oder dem Guaviare angehören." " (S. 193.)

„Wir bemerkten nicht ohne Befremden, dass unter diesen Schwarzwasser-Flüssen sich auch solche befanden, deren W. durch Reflexion vollkommen weiss war, wie das W. des Orenoko. Was mag die Ursache dieser Verschiedenheit sein? Diese Qu. alle entspringen in den nämlichen Savanen, in den nämlichen Sümpfen des Waldes." (S. 228.) (Vielleicht ist ein Gehalt an kohlensaurem Alkali Ursache, dass das W. zuweilen mehr Humussäuren auflöst.) Ferner auf S. 303:

„Die Farbe des W. vom Rio-Negro ist (durch Reflexion) dunkler, als diejenige vom Atabapo u. vom Tuamini. Nicht ohne Befremden habe ich wahrgenommen, dass selbst die Beimischung der W. des Cassiquiare sein Kolorit unterhalb des Fortins von San Carlos nur wenig ändert. Der Verfasser der Chorographie moderne du Brésil sagt sehr richtig, der Fluss habe eine Bernsteinfarbe überall, wo er untief ist, u. hingegen, wo sein W. sehr tief geht, sei er allenthalben braunschwarz, wie Kaffeesatz." v. Humboldt (Reise in die Aequinoctial-Geg. IV).

Koristka hat in seinen Mittheilungen über die Hohe Tatra (Petermann's Mittheil. Ergz.-H. 12, 1864.) auch Bemerkungen über die Farbe der dortigen Gebirgs-See'n gemacht. „Die Farbe der Meeraugen ist entweder eine Nuance von Grün oder Schwarz. Die schöne azur- oder tiefblaue Farbe der Alpen-See'n kommt nicht vor. Schon die vielen See'n, welche den Beinamen „Grüner" See (Zeleny) führen, beweisen, dass diese Farbe die bei weitem überwiegende ist. Am meisten kommt eine gesättigte smaragdgrüne Färbung vor, so beim Grünen See unterm Krivan, beim Velka-See, Langen-See, Grünen See unter der Kesmarker Spitze u. s. w. Der letztere See zeigt mitten in seiner grünen Fläche einige scharf begrenzte tiefblaue Flecken. Bei andern See'n, namentlich bei einigen kleineren auf der Polnischen Seite, ist das W. hellgrün u. am Ufer an den minder tiefen Stellen zeigt das W. auch bei den grossen, tiefen See'n diese Färbung. Bei den letzteren jedoch ist die Wasserfläche gegen die Mitte zu immer schwärzlich-grün, oft fast schwarz zu nennen, so namentlich am Grossen Fischsee, am Grossen Meerauge u. am Schwarzen See (Sieben See'n), welche Farbe übrigens auch einige kleinere See'n, so namentlich der Popper See u. die Fünf Kohlbacher See'n, haben. Der „Weisse-See" unterhalb des Kopa-Passes hat eine röthlich braune Färbung. Die Ursache dieser Färbung ist wie bei den Alpen-See'n noch nicht hinreichend aufgeklärt, so viel scheint aber gewiss, dass mit der grösseren Tiefe auch eine grössere Dunkelheit der Farbe verbunden ist, ausgenommen, wo der Seegrund Moor u. Torf ist, wo dann das W. eine schwärzlich-braune Färbung zeigt, was jedoch bei den wenigsten der Tatra-See'n vermöge ihrer geographischen Lage die Ursache sein kann. In ein Glas geschöpft ist jedoch das W. aller dieser See'n farblos u. durchsichtig." *)

---

*) „Früher zählte man das W. den Körpern bei, die im durchgelassenen Lichte eine andere Farbe als im reflektirten zeigen; so sagte Newton, dass das W.

§. 68. Physik des Meerwassers.

Wir haben hier die Wärme u. die Bewegung des Meerwassers, insofern sie den Balneologen angehen, zu besprechen.

Die Farbe des Meerwassers ist schon zur Sprache gekommen. Ich ergänze das Gesagte nur mit den schon ältern Bemerkungen v. Humboldt's. „Ich versuchte das Cyanometer zur Messung der Farbe des Meeres anzuwenden. Ungeachtet diese Farbe am häufigsten grün ist, so hat man doch keines Chlorometers nöthig, um die Intensität ihrer Tinte zu messen. Es kommt bei dieser Erfahrung blos auf den Ton der Farbe, auf die dunklere oder hellere Abstufung, u. nicht auf die individuelle Natur oder Qualität der Farbe an. Bey einem schönen heitern Wetter war die Tinte des Oceans gleich dem 33sten, dem 38sten, bisweilen selbst dem 44sten Grad des Cyanometers, ungeachtet das Himmels-Gewölbe sehr blass war, u. kaum den 14sten oder 15sten Grad erreichte.... Wenn man, statt das Cyanometer gegen eine grosse Fläche des offenen Meers zu richten, die Augen auf einen kleinen Theil der Oberfläche durch eine enge Oeffnung heftet, so erscheint das W. von einer prächtigen Ultramarin-Farbe. Im Gegentheil, gegen Abend, wenn der Rand der Wellen, von der Sonne erleuchtet, von Smaragdgrün glänzt, wirft die Fläche derselben, von der Seite des Schattens, einen purpurfarbenen Reflex."

„Nichts ist auffallender, als die schnellen Veränderungen, welche die Farbe des Oceans bey einem heitern Himmel, u. ohne dass man die geringsten Veränderungen in der Atmosphäre beobachtet, erleidet. Ich spreche hier nicht von der milchigen u. weisslichen Tinte, welche das W. des Senkbleys u. des niedern Grundes charakterisirt, u. die nur von dem in der Flüssigkeit vertheilten Sande herrühren kann, weil sie sich in Gegenden findet, wo der Grund auf 20 oder 30 Faden Tiefe auf keinerley Weise sichtbar ist: ich rede von jenen ausserordentlichen Veränderungen, durch welche, mitten in dem weiten Becken des Aequinoctial-Oceans, das W. von dem Indigblau ins dunkelste Grün, u. von diesem ins Schiefergrüne übergeht, ohne dass das Blau des Himmels-Gewölbes oder die Farbe der Wolken darauf Einfluss zu haben scheint."

„Die blaue Tinte des Oceans ist von dem Reflex des Himmels beynahe unabhängig. Im Allgemeinen sind die Meere der Tropen von einem stärkern u. reinern Blau, als die Meere, welche in hohen Breiten liegen, u. dieser Unterschied

---

die violetten, blauen u. grünen Strahlen reflektire, die rothen aber durchlasse, X. de Maistre, dass das W. im reflektirten Lichte blau, im durchgehenden gelblich orange erscheine u. Arago hielt das W. für blau im reflektirten, grün im durchgehenden Lichte. Newton's Ansicht stützte sich auf die Erfahrung Halley's, der, als er sich an einem sonnigen Tage in der Taucherglocke tief in das W. hinabliess, beobachtete, dass die obere Fläche seiner Hand, die durch das Meerwasser u. ein Glasfenster direkt von der Sonne beleuchtet wurde, *rosenroth*, dass dagegen das unter ihm befindliche W. u. die untere *Fläche der Hand grün erschien*. Beetz erklärt diese Beobachtung anders. „Die *grüne Farbe ist durchgelassenes* u. vom Meerboden reflektirtes Licht. Die von oben in die Glocke fallenden Strahlen gehen durch eine dünnere W.-Schicht, als die von unten kommenden, u. bringen verhältnissmässig viel weisses Licht mit, deshalb muss die obere Handfläche in der Contrastfarbe, d. h. rosenroth erscheinen, wie ja auch in der tiefblauen Grotte auf Capri die Contrastfarbe Orange auftritt."

„Dass die Wellen des blauen Meeres grün aussehen, worauf Arago seine Ansicht stützt, hat seinen Grund darin, dass das grüne (?) Seewasser die rothen Strahlen sehr leicht, die grünen schwerer, die blauen am schwersten absorbirt, dass also, wenn Tageslicht nur durch eine geringe Schicht dieses W. geht, es schwach gegrünt, beim Durchlaufen längerer Strecken aber gebläut wird." So fand Beetz, dass die spiegelglatte Fläche des humusarmen Achensee's in der Mitte tief blau, nach den Ufern hin immer heller grün u. am Rande gelblichroth aussieht; letztere Farbe hängt von der Beschaffenheit des Bodens ab u. wird durch Contrast mit dem Grün erhöht. Vgl. auch den folgenden §.

lässt sich bis in den Gulf-Stream bemerken. Der Ocean bleibt oft blau, wenn bey schönem Wetter mehr als vier Fünftheile des Himmels-Gewölbes mit leichten weissen u. zerstreuten Wolken bedeckt sind.“ ....

„Alles, was sich auf die Farbe des W. bezieht, ist ausnehmend problematisch. Die grüne Farbe der Schneewasser, welche von den Gletschern der Schweiz entspringen, u. welche sehr wenig aufgelöste Luft enthalten, könnte glauben machen, diese Farbe sey dem W. in seiner grössten Reinheit eigen. Vergebens würde man sich an die Chemie wenden, um diese Erscheinung oder die blaue Farbe der Rhone bei Geneve zu erklären.“

„Es ist auf keine Art wahrscheinlich, dass die grüne Farbe des W. der Mischung der gelben Farbe des Grunds, u. der blauen durch das W. zurückgeworfenen Strahlen zuzuschreiben sei (Décade égyptienne, Vol. I, p. 101); denn das Meer ist oft auf offener See grün, wo es über 800 Toisen Tiefe hat. Vielleicht trägt in gewissen Stunden des Tags das gelbe u. rothe Licht der Sonne zu der Färbung ins Grüne bei.“ (Reise in die Aequin.-Geg. I.)

Wärme des Meeres. »Das Meer ist nicht sehr kalt u. nicht sehr warm« sagt Aristoteles; richtiger würde es sein, zu sagen: Das Meer ist kalt u. warm je nach der Oertlichkeit. Nicht blos nach der geographischen Breite ist die Wärme eine sehr verschiedene, sondern auch nach der Tiefe unter dem Meeresspiegel. Während im festen Erdboden u. im Luftkreise die Wärme nach unten zunimmt, nimmt sie im Meere mit der Tiefe ab. Das warme W. bleibt oben, das kalte sinkt unter; dazu kommt noch die Wirkung des Polarstromes, so dass in der Tiefe des Meeres die niederige Temperatur des Polarmeeres herrschen kann, obschon an der Oberfläche das W. hyperthermal zu sein pflegt, das heisst: wärmer, als die Luft durchschnittlich am betreffenden Orte ist. Diese Erwärmung der Oberfläche ist theilweise auch die Wirkung der Meeresströme, theilweise aber die einfache Folge der Erwärmung durch die Sonne u. die Luft u. eine Folge der unvollständigen Vermischung des oberflächlichen Wassers mit dem tiefen Wasser.

Lenz fand im atlantischen Ozean zwischen dem Aequator u. dem 45° N.Br. bis zu einer Tiefe von 6000 F. eine beständige Wärme-Abnahme, welche anfangs rasch, dann aber immer langsamer erfolgte u. in einer gewissen Tiefe unmerklich ward; die niedrigste Temperatur war 2°1. Bei den neuesten Untersuchungen fand man in der heissesten u. gemässigten Zone 2°5 u. 2°7 als niedrigste Temperatur. Am Aequator erreichte die Meeresfläche fast 31°, während in 695 M. Tiefe nur 7°5 waren (Peron). Das Meerwasser hat nicht, wie Süss-W., seine grösste Dichtigkeit bei 4°; es kann daher in den Meerestiefen ein kälteres W. sein, wie in der Tiefe der Süsswasser-See'n. Cook traf nahe unter der Linie bei einer Luftwärme von 24°2 das Meer oberflächlich 23°3 warm an, während es in der Tiefe von 85 Faden nur 19° zeigte. Unter den Wendekreisen traf man bei der mittleren Temperatur der obern Lagen 28°8, in der Tiefe 5—7°5 an. Zu Norderney erhielt sich das ungefähr 200 Schritte vom Badestrande entfernte Fahrwasser, bei einer während der Sommermonate zwischen 12°5 u. 18°7 wechselnden Wärme der obern W.-Schichten in der Tiefe von 48′ beständig auf 11°2.

In der Tiefe des mittelländischen Meeres bemerkt man keinen so niedrigen Wärmegrad, wie im atlantischen Ozean, weil hier die Einwirkung des tiefgehenden kalten Polarstromes in der Strasse von Gibraltar durch einen Gegenstrom gehemmt wird, der dadurch entsteht, dass daselbst an der Oberfläche das atlantische Meer von W nach O eindringt u. daher zur Ausgleichung in der Tiefe eine entgegengesetzte Strömung stattfinden muss.

Im Golfe von Nizza war bei einer mittlern Temperatur der obern Wasser-Schichten von 21°2 das W. in der Tiefe von 1800′ 12°5 warm.

Je nördlicher man kommt, desto unbedeutender erscheint die Temperatur-Abnahme in der Meerestiefe.

Die Abnahme der Wärme des Meeres nach unten zu zeigt sich auch an den Küsten, wenngleich in kleinerm Maassstabe. Winde, welche das Meer aufwühlen, müssen durch die bessere Vermischung der verschiedenen Schichten die oberflächlichen Lagen kälter machen. *)

Gräfe maass zu Norderney bei der geringen Andämmung von 4—5′ die obern u. tiefern W.-Lagen u. fand oft 2°5 – 3°7 Unterschied.

Dieser Unterschied des W. in verschiedenen Tiefen rührt grossentheils aber von der Besonnung der Oberfläche her. Nach Umständen kann die Ausbreitung des Meeres über den von der Sonne erwärmten Sand das Meer-W., dort wo es nur eine geringe Tiefe hat, bedentend erwärmen.

Einmal fand Gräfe zu Norderney nach mehrtägigen Südwinden u. beständigem sonnigem Wetter an Stellen, wo sich die Wogen flach über den weissen Sand ausbreiteten, das W. bei 18°75 Lufttemperatur 32°5 warm. An den Sandküsten des schwarzen Meeres traf Wernert im Sept. 22°5, im Aug. 25—30° an. Die Fluth, welche sonst das W. des Strandes abkühlt, kann zu andern Zeiten das W., wenn sie es über eine sonnenerwärmte Sandfläche hinführt, wärmer machen.

Zuweilen sind die Küsten vulkanisch oder doch durch Thermen erwärmt.

In Island bei den Inseln u. Riffen des Breyde-Fiördur gibt es warme Meerbäder. — Als heisser Qualm steigt Meer-W. aus Nero's Stufe empor. — Zwischen den Aeolischen Inseln Esca bianca u. nera erreicht die Meereswärme 37°5 u. mehr. — Bei Bottero traf Spallanzani eine Stelle, wo das Thermometer 35°2 auf dem Grunde zeigte; ein langsam u. rothbräunlich brennendes, nach HS riechendes Gas entwickelt sich hier in Menge. — In der Gegend zwischen dem 14. u. 21. Grad der Breite, dem Mittelpunkte der grossen vulkanischen Gegend hat ein Theil des rothen Meeres eine ungemein hohe Temperatur, welche selten unter 26°25 steht, selbst in den Wintermonaten nicht. Im März u. April erreicht die Temperatur 28°75, im Mai mehr als 32°5; im Sept. übersteigt die Temperatur des W. u. der Luft die des menschlichen Körpers. Im Nov. 1856 hatte das W. zwischen dem 17. u. 23. Grade 41°25 (Buist.) — In der Bai von Tajura an der Danakilküste (Abyssinien), liegt eine Therme unter der Fluthlinie, die so heiss während der Ebbe ist, dass Seekrabben darin roth werden. — Ein Meerbusen, der warme Qu. unter dem Meere hat, trennt die secundären Felsen von den primitiven u. schieferartigen der Halbinsel Araya. — v. Humboldt schiffte über den Theil des Meerbusens von Cariaco, wo warme Qu. aus dem Boden sprudeln, welche die Temperatur der See in einem Umfange von 10—12 Gevierttoisen erhöhen sollen. „Auf der Insel Guadeloupe sprudelt eine siedende Qu. am sandigen Ufer hervor. (Lescalier im Journ. de phys. LXVII, 379.) Warme Qu. kommen im Golf von Neapel u. nahe bey der Insel Palma, im Archipelagus der canarischen Inseln, aus dem Meeresgrund hervor.“ (v. Humboldt Reise II.)

---

*) Sandbänke wirken im Allgemeinen *erniedrigend* auf die Temperatur des darüber befindlichen Meeres, wohl weil an der Erhöhung des Bodens sich das kalte W. der Tiefe bricht u. nach oben geführt wird. Damit hängt die milchige Färbung des Meeres über den Untiefen zusammen. So ist das Meer an der grossen Bank von Neufoundland um 9°4 kälter als das benachbarte Meer, welches wieder um 3° kälter ist als die Strömung. „Inzwischen gibt es auch Untiefen, die sich weder durch milchige Färbung noch durch niedrige Temperatur des W. unterscheiden u. es rühren, wie ich glaube, diese Erscheinungen von der Beschaffenheit eines harten u. felsigen Bodens her, der weder Sand noch Korallengebilde enthält.“ (v. Humboldt.)

Durch die warmen Strömungen, welche von den heissen Ländern ausgehen, wird auch das Meer in kältern Gegenden nicht selten bedeutend erwärmt. Der Golfstrom kommt noch mit einer hohen Temperatur an Irland u. Schottland an. Die Westküsten solcher vom Meeres-W. erwärmten Länder haben darum auch eine höhere Lufttemperatur. In den Polarmeeren fanden mehrere Beobachter eine Zunahme der Wärme in der Tiefe, was wohl von eigenen, noch nicht bekannten Strömungen herrühren dürfte.

„Die Gewässer des mexicanischen Meerbusens, die mit Gewalt nach Nordost getrieben werden, behalten ihre hohe Temperatur in dem Grad, dass ich sie in 40°—41° Breite noch 22°5 C. warm fand, während, ausserhalb der Strömung, die Wärme des Oceans an seiner Oberfläche kaum 17°5 betrug. In der Parallele von New-York u. von Oporto ist demnach die Temperatur des Gulf-stream derjenigen gleich, welche die Meere unter den Wendekreisen im 18. Grade der Breite, mithin in der Parallele von Portorico u. von den Inseln des grünen Vorgebirgs haben." v. Humboldt Reise in die Aequinoctial-Gegenden I.

Das Meer-W. nimmt an den Verschiedenheiten der durchschnittlichen Luftwärme Antheil; doch zeigen sich dabei gewisse Eigenthümlichkeiten. Die Wärme der Meeres-Oberfläche unter dem Aequator pflegt höchstens 28—29° zu sein. Im Allgemeinen kann man wohl sagen, dass die Oberfläche des Meeres durchschnittlich wärmer ist, als die Orts-Atmosphäre der Breite nach sein würde.

v. Humboldt (Reise in die Aequinoctial-Gegenden I, 347—364) machte Beobachtungen über die Wärme des Meeres in verschiedenen Breitegraden. Aus seinen Bemerkungen ist für uns Folgendes beachtenswerth. „Von Corunna bis zu der Mündung des Tajo verändert das Meerwasser die Temperatur wenig; aber von 39 bis 10 Graden der Breite war die Zunahme der Wärme sehr merkbar u. beständig, ungeachtet sie nicht immer gleichförmig war. Von der Parallele des Caps Montego bis zu der von Salvage war der Gang des Wärmemessers fast eben so schnell, als von 20° 8′ bis 10° 46′; aber an den Grenzen der heissen Zone wurde er erstaunlich langsamer von 29° 18′ bis 20° 8′. Diese Ungleichheit wird ohne Zweifel durch die Strömungen veranlasst, welche das W. verschiedener Breiten vermischen. Wenn nicht die Bewegung dieser Fluthen die Temperatur des Oceans veränderte, so müsste die Zunahme der Wärme in der heissen Zone ungeheuer sein, weil die Oberfläche des W. weit weniger Strahlen zurückwirft, die sich der senkrechten Richtung nähern, als solche, die in eine schiefe Richtung fallen."

„Ich habe in dem atlantischen Ocean, wie in dem Südmeer, beobachtet, dass, wenn man zu gleicher Zeit die Breite u. Länge verändert, das W. oft nicht um einen Grad Temperatur auf Entfernungen von mehrern tausend Quadratmeilen sich verändert; u. dass in dem, zwischen dem 27sten Grad nördlicher u. dem 27sten Grad südlicher Breite eingeschlossenen Raum diese Temperatur von den Veränderungen fast ganz unabhängig ist, welche die Atmosphäre erleidet. Eine sehr lange Windstille, eine augenblickliche Veränderung in der Richtung der Strömungen, ein Sturm, welcher die untern Wasserschichten mit den obern vermischt, alle diese Umstände können auf einige Zeit einen Unterschied von 2 u. selbst 3 Graden hervorbringen; aber sobald diese zufälligen Ursachen zu wirken aufhören, nimmt die Temperatur des Oceans ihren alten Standpunkt wieder an." ....

„Von dem Aequator bis zu 25 u. 28 Graden nördlicher Breite ist die Temperatur von einer merkwürdigen Beständigkeit ungeachtet des Unterschieds der Meridiane; sie ist veränderlicher in den grössern Breiten, wo das Schmelzen des Polareises, die durch dieses Schmelzen verursachten Strömungen u. die ausserordentliche Schiefe der Sonnenstrahlen im Winter die Wärme des Oceans vermindern."

„Es ist sehr merkwürdig, dass, trotz der ungeheuren Grösse des Oceans u. der Schnelligkeit der Strömungen, das Maximum von Wärme durchaus in den Aequinoctialmeeren eine grosse Gleichförmigkeit zeigt." (DieBeobachtungen schwanken

zwischen 28°2 u. 29°3.) „Das Maximum der Temperatur der Meere, welches 28 bis 29 Grade beträgt, beweist mehr als jede andere Beobachtung, dass der Ocean im Durchschnitt etwas wärmer ist, als die Atmosphäre, mit welcher er in Berührung steht, u. deren mittlere Temperatur, in der Nähe des Aequators, 26 bis 27 Grade ist. Das Gleichgewicht zwischen den beiden Elementen kann sich theils wegen der Winde, welche die den Polen nahe Luft gegen den Aequator treiben, theils wegen der Absorbtion des Wärmestoffs, welche die Wirkung der Ausdünstung ist, nicht herstellen. Man ist um so mehr erstaunt, dass sich die mittlere Temperatur in einem Theil des Aequinoctial-Oceans bis auf 29° erhebt, als man selbst auf den Continenten, mitten in dem heissesten Sand, kaum einen Ort kennt, dessen mittlere jährliche Wärme 31° erreicht.“ Vgl. Humboldt Reise in die Aequin.-Geg. VI, 2. Th., 40. — Mitunter erreicht das Meer sogar 29°5 (v. Humboldt in Poggend. Annal. 1834, III, 223).

Unter diese dem Aequator angehörige Wärme bleibt die Wärme des Meeres in höhern Breiten zuweilen nur wenig zurück. Gautier fand im Aug. 1819 u. Juni 1820 unter einer Breite von 38° 46′ u. 39° 12′ die Temperatur an der Oberfläche bis 28°75 hoch. Dieselbe Höhe erreicht nach Robert zuweilen auch das Mittelmeer, wie dies Wutzer auch an der Küste Siciliens beobachtete.

In der freien Ostsee fand v. Humboldt im August 15°—17°5.

Zwischen den Wendekreisen, wo die Luft auf offener See kaum 2° oder 3° um Mitternacht kälter ist, als 2 Stunden nach der Culmination der Sonne, fand v. Humboldt zwischen Tag u. Nacht nie die geringste Veränderung in der Temperatur des Ozeans.*)

Die Ausgleichung der Temperatur des Meeres u. der Luft ist langsam u. unvollständig. Sinkt die Luftwärme plötzlich, so bleibt das Meer an den Klüften oft noch Tage lang 7—12° wärmer als die darüber wehende Luft. Ueberhaupt erleidet die Wärme der Meeres-Oberfläche viel geringere Wechsel als die Luftwärme.

Vgl. Mess Ueber die Temperatur der Luft u. des W. (französ.); 1860, 30 p. Foissac Temper. des mères.

Beobachtungen über die Temperatur des Meeres (in C° Graden).

A. An den Küsten des Mittelmeeres.

Ort	Nördl. Breite	Temperatur	Zeit	Luftwärme	Beobachter (Autor)
Mittelmeer		20°—23°7	gewöhnlich		Robert.
Ost- u. Südküste Siciliens		20°5—28°7	Aug. 1843		Wutzer.
Küste Siciliens		22°5—25°			Hennen.
Golf von Palermo	38°6′	21°2—23°7	Sept. 1843		Wutzer.
Messina	38°11′	27°5	Sommer		Pugliati. **)

*) Auf offener See erlangt aus dieser Ursache auch die Temperatur der Luft eine gewisse Gleichförmigkeit. Der Abstand zwischen der Tages- u. u. Nachtstemperatur beläuft sich in den Aequatorial-Gegenden zur See nur auf 3¾—5°, während derselbe auf dem Festlande gleicher Parallelen bis 12½° ausmacht. Zwischen gemässigten Gürteln, in den Breiten von 25—50°, weicht auf offenem Meer die Tageswärme von jener der Nacht höchstens um 5°—7°5 ab. An dieser Gleichförmigkeit der Temperatur nehmen Inseln u. Küstenländer Theil, weshalb an solchen europäischen Orten einzelne tropische Pflanzen im Freien überwintern können. Das ganze Jahr hindurch schwankt die Atmosphäre zu Madeira nur zwischen 18°7—25°, zu Messina nur zwischen 20°—32°5, zu Lissabon nur zwischen 13°7—26°2, zu Nizza nur zwischen 10°—27°5.

**) Im Aug. 1831 sogar 31°25.

Neapel	40°52′	20°—25°	Sommer 1843		Wutzer.
„		23°7	April 1830	25°	v. Gräfe.
Livorno	43°33′	22°5 (Mittel)	Sommer	22°5	Palloni
„		17°5	Dez. 1829	18°7	v. Gräfe.
Venedig	45°26′	21°2—22°5	Sept., Okt. 1829	„	„
„ (Lagunen)		24—25°			Petrequin.
Triest	45°38′	20°	Mai 1830	21°2	v. Gräfe.
„		25°—27°5	Sommer	15—26°2	Biasoletto.
„		27°5—30°(Mittel)	Sommer		v. Vering.
„		30°	1834		Levy.
Marseille	43°18′	20—23°7	Sommer		Robert.
Cette	43°23′	22°			Viel.

B. An den Küsten des atlantischen Meeres. *)

Biarritz		18°—22°			Patissier.
Dieppe	49°55′	18°2 (Mittel)	Sommer	17°6	Gaudet.
„		16°2—17°5 (Max.)	Badezeit **)		Mourgué.
Brighthon	50°49′	14°4—16°7	gewöhnlich		Hunter?
Strasse v. Calais	51°7′	15°—16°2	Sept.—Okt. 1833	16°2—17°5	v. Gräfe.

*) Zu Boulogne fand Bertrand das W. ¼ Stunde seewärts bei niederm W.-Stande im Sommer selten 13 oder 16°, meist 14°5 warm; wenn die sanft herankommenden Wogen sich aber über den heissen Sand verbreiteten, hatte es 18—19°.
**) Nach zehnjähriger Beobachtung.

C. An den Küsten der Nordsee.

Ramsgate	51°19′	22°4—24°8	Juni—Sept. 1831	Mottley.
„		20°—24°8	„ „ „ 1832	„
Ostende	51°14′	17°5—17°6	gewöhnlich	Verhaeghe.
Scheveningen	52°6′	ca. 8°7—25°	1855—57 [1])	
„		14°5—19°5	Morg. } gewöhnlich	
„		17°1—20°	Mittags } gewöhnlich	
Norderney	53°42′	17°5—18°7 (Mittel)	Juli—Okt. (4 Jahre)	Muhry.
„		13°—20°5 [2])	Juli—Sept. 1845	Flugge.
„		12°5—21°2	Sommer	Bluhme.
„		12°—18°7 [3])	2 Sommer	Gräfe.
Norderney, Wangerooge, Helgol.		15°—18°7		Richter.
Helgoland	54°11′	18°7—22°5	Sommer	Bluhme.
„		17°5—18°7	(an den Dünen) [4])	Hirsch.
Kopenhagen (Sund)	55°40′	22°—23°7	zuweilen	Humboldt.

[1]) Dreimal täglich beobachtet. Minimum Morgens 9°, Maximum Mittags 26°9.
[2]) Durchschnittlich nahe 17°5. Soltmann fand 20°.
[3]) Bei starker Fluth.
[4]) Pleischl traf 1 Meile seewärts im Sept. 1850 14°5—15°5.

D) An den Küsten der Ostsee.

Kiel	54°19′	12°5—24°4	Extreme	Müller.
„		18°7—20°	Mittel [1])	„
„		20°—22°5	gewöhnlich	Sachse.
Travemünde	53°58′	8°7—25° [2])		Sass.

[1]) Nach Pfaff 1821 im Mittel 19°4.
[2]) Maximum im August u. Anfangs September.

Travemünde		12°5—23°7	meist	Sachs.
„		11°2—25°	Badezeit	Bluhme.
„		13°5—19°	1836 u. 37	Lieboldt.
Doberan	54°6'	10°—21°5	Morgens	Burmeister. [1])
„		11°—25°5	Nachmittags	„
„		6°7—27°8		Becker.
Swinemünde	53°56'	12°5—23° [2])	Badezeit	Kind.
„		17°5—20°	meist, Sept.	„
Heringsdorf		17°5	durchschn. Juni-Sept.	„
Zoppot	54°21'	17°5—25°	Saison 1834	Sachse.
Pernau		16°6—20°		Göbel.
Hapsal	58°53'	19°5 [3])	Mittags 17°3	Hunäus.

[1]) Nach 20jähr. Beobachtung; Morgens gewöhnlich 16°7—18°9, Nachm. 17°8—20°. Minimum 10° (1814 u. 1830 Juli), Maximum 25°5 (1819 Juli). Sachse fand als Maximum 23°4 (1834).

[2]) Humboldt fand im Aug. 1834 23°.

[3]) Maximum 29°1 C. Man findet auch 20—29° R. angegeben.

Die Bewegung des Meeres ist mannigfaltig u. in verschiedenen Ursachen begründet. Theils ist sie eine beständige, theils eine unterbrochene u. dann entweder deutlich periodisch oder unregelmässig. Die beständige Bewegung, welche vom Wärme-Unterschied der Erdzonen herzuleiten ist, wurde schon oben besprochen. Die unregelmässige Bewegung, welche vom Steigen u. Fallen des Luftdruckes herrührt *), oder die noch regelloser wiederkehrende, welche durch Erdbeben erzeugt wird **), hat weniger Bedeutung für das Badewesen, als die periodische, als Ebbe u. Fluth bekannte.

Unter Ebbe u. Fluth versteht man das periodische Abnehmen u. Anschwellen des Meeres, deren jedes alle 1,035 Tage (24 St. 49 Min.) zweimal erfolgt. Ungefähr 6 Stunden nach der Fluth tritt die Ebbe ein u. diese wechselt nach einer gleichen Zwischenzeit wieder mit der Fluth; doch verspätet sich die periodische Wiederkehr der Fluth täglich um ungefähr so viel,

*) „Der verschiedene Druck, den die Oberfläche der Meere durch die Veränderungen des Gewichts der Luft erleidet, ist eine Ursache von Bewegung, die eine bestimmte Aufmerksamkeit verdient. Es ist bekannt, dass die barometrischen Veränderungen nicht allgemein gleichzeitig an zwey, im gleichen Niveau liegenden, aber entfernten Punkten stattfinden. Wenn an einem dieser Punkte der Barometer einige Linien niederer bleibt, als an dem andern, wird sich das W. wegen des geringen Drucks der Luft erheben u. dieses örtliche Ansteigen wird so lange dauern, bis durch die Wirkung des Windes das Gleichgewicht der Luft wieder hergestellt ist. Hr. Vaucher ist der Meinung, dass das periodische Steigen u. Fallen des W. in dem Genfer See, das unter dem Namen des Seiches bekannt ist, von dieser Ursache herrühre." Humboldt Reise in die Aequinoctial-Gegenden I.

**) Beim Lissabonner Erdbeben wurden auch die Inseln Antigua, Barbados u. Martinique überschwemmt. In der Bai von Carlisle von Barbados, wo sonst die Fluth nur 24—28 Zoll hoch geht, erhob sich das W. zu 20 F. Höhe u. das W. wurde schwarz von dem auf dem Boden des Meeres vorhandenen Asphalttheer. Zu Cadix sah man in 8 Meilen Entfernung einen Berg von W. von 60 F. Höhe von der hohen See herkommen; er warf sich mit Heftigkeit auf die Küsten u. zerstörte eine grosse Menge von Gebäuden, ähnlich der Meereswelle von 84 F. Höhe, die den 9. Juni 1586 bei dem grossen Erdbeben von Lima den Hafen von Callao bedeckt hatte. Auf den Antillen wurde, wie in mehreren See'n der Schweiz, diese ausserordentliche Bewegung des W. 6 Stunden nach dem ersten Stoss beobachtet, der zu Lissabon empfunden wurde.

dass ihre Periode genau mit der täglichen halben Umlaufszeit des Mondes zusammenfällt. In offener See schwillt das W. von Osten her an u. läuft gegen Westen wieder ab; an den Küsten wird aber sowohl die Richtung als die Geschwindigkeit u. Grösse des Zu- u. Abströmens durch die besondere Lage u. Gestalt der Küsten, verengte Stellen der Meerbusen, wohl auch durch das Einmünden der Flüsse u. durch Winde bedeutend modifizirt. An einigen Meeresufern dauert der Ab- u. Zufluss verschieden lange. Der Unterschied zwischen dem höchsten u. tiefsten W.-Stande ist bei Bristol 25—42′, bei Cherbourg 19′, bei Havre u. Dovre 18—20′, bei Dieppe u. Calais 17′. An der deutschen Nordseeküste beträgt sie, wie an den portugiesischen u. spanischen Küsten, bis 12′, bei der nahe gelegenen Insel Helgoland nur bis 6′. Die Höhe der Fluth ist aber nicht jeden Tag dieselbe, sondern unterliegt bedeutenden Veränderungen u. diese stehen in deutlicher Beziehung zu den Mondesphasen u. zu der Entfernung des Mondes von der Erde, theils auch zum Stande der Sonne. Gegen die Zeit des Vollmondes u. des Neumondes wachsen sie, weil dann Sonne u. Mond in gleicher Richtung auf die Erde einwirken u. gegen die Zeit der Viertel nehmen sie wieder ab; doch treffen die grössten Fluthen (Springfluthen) erst $1^1/_2$ Tag nach den Voll- oder Neumonden ein u. auch die kleinsten (Nippfluthen) fallen nicht genau auf die Mondesviertel. Die Zeit des Eintrittes der Fluth wird beschleunigt, wenn der Mond von der Conjunktion oder Opposition der Quadratur zugeht, u. verzögert im umgekehrten Falle. Selbst die Springfluthen sind periodischen Ungleichheiten unterworfen; sie sind zur Zeit der Nachtgleichen am grössten, zur Zeit der Sonnenwende am stärksten. In den Sommermonaten sind in der nördlichen Halbkugel die Springfluthen Morgens schwächer als Abends. Die grössten aller Fluthen treten dann ein, wenn die Nachtgleiche mit einem Neu- oder Vollmonde u. mit der Erdnähe des Mondes u. der Sonne zusammentrifft. Zu Norderney erreichen nach v. Gräfe's Messungen die Springfluthen durchschnittlich 10—12′. die Nippfluthen nur 5′. Den mittlern W.-Stand nimmt man zu $^2/_3$ des Höhenwechsels unter der Fluth u. $^1/_3$ über der Ebbe an.

Im Mittelmeer sind Ebbe u. Fluth so schwach ausgeprägt, dass sie der Aufmerksamkeit der Alten gänzlich entgangen sind. Gräfe sah die Fluth an verschiedenen Punkten jedoch mit voller Regelmässigkeit eintreten; bei Venedig betrug sie an 2′, bei Livorno nur 1′, in der Meerenge von Messina $2^1/_2$—3′. Im schwarzen u. caspischen Meere fehlen Ebbe u. Fluth wahrscheinlich ganz, auch in der Ostsee sind sie kaum noch bemerklich. Dies hängt zum Theil von der geringen Ausbreitung, zum Theil von der Abgeschlossenheit dieser Meere ab, wodurch der Zufluss des W. nicht oder nicht in dem Grade stattfinden kann, dass der W.-Spiegel sich hinreichend erhöhet. Im rothen Meer bei Suez beträgt die Fluth nach Buist gewöhnlich etwas weniger als 2 Meter, 2,3 M. im Frühjahre.

Vgl. Verhaeghe Du flux et du reflux du mer; 1854, 20 p. (Enthält 2 von Whevell entlehnte Karten der Fluthvertheilung.) Bianchi De aestu mar. ad littus Arimini. Baumgarten Naturlehre; 1836. Buff Zur Phys. der Erde; 1857. Gräfe Gasquellen S. 449—454.

Der Wellenschlag hat nur in offener See etwas Regelmässiges, an den Ufern, wo die Seebäder genommen zu werden pflegen, begegnen die

Wellen des offenen Meeres den zurückgeworfenen u. gestalten sich zur Brandung. Diese ist auch in den Binnenmeeren an gewissen Stellen der Ufer zuweilen sehr stark, wenn der Wind die Wellen etwa gegen einen Felsen antreibt. Zu Sorrent z. B. ist man bei unruhigem Meere deshalb genöthigt, wenn man nicht sicher im Schwimmen ist, sich durch ein um den Leib gewundenes Tau festhalten zu lassen, damit man von den Wellen nicht fortgerissen werde. Die Damen pflegen dies selbst bei ruhigem Meere stets zu thun. Es ist leicht begreiflich, dass die Wellen in der Nordsee grösser als in der Ostsee u. im mittelländischen Meere sind. In der Ostsee fehlt dem Wellenspiel auch die in anderen Meeren stattfindende Regelmässigkeit in der Aufeinanderfolge. Jedoch folgen nach mehreren kleineren Wellen stets 2 bis 3 hohe unmittelbar aufeinander. (Boll.)

§. 69. Excurs über die Botanik der Thermalquellen.

Quis sterilem non credat humum? Fumantia vernant
Pascua; luxuriat gramine cocta silex,
Et cum sic rigidae cautes fervore liquescant,
Contemtis audax ignibus herba viret. Claudianus.

Man wird die nachfolgenden Beobachtungen über das Vorkommen der Vegetabilien (mit Ausschluss der mikroskopischen Gebilde, welche in der Hydro-Chemie besprochen worden sind) weniger auffallend u. annehmbarer finden, wenn man bedenkt, dass die Pflanzen schon in unsern Breiten in heissen Sommern, noch mehr aber in tropischen Gegenden, eine Wärme ertragen, die mehr oder weniger unsere Blutwärme übertrifft. Ich fand z. B. die oberste Lage der Gartenerde, als der Sonnenschein am 23. Juli 1854 zu Aachen 42°9 C. warm war, 52°7 warm, u. am 3. Aug. 1857 sogar 61°5. v. Humboldt sah zu Maypures Granitsand, der von der Sonne auf 60°3 erwärmt war, mit einer reichen u. saftig grünen Vegetation von Gramineen u. Melastomeen bedeckt. Gleichwohl scheint es, dass weit geringere Grade für manche (aus dem Boden entfernte?) Pflanzen tödlich werden. Für Tradescantia virginica, Urtica urens, Vallisneria spiralis ist schon eine Temperatur von 47—48° absolut tödlich, die von 44—45° noch nicht; aber die Bewegung verlangsamt sich schon von 38—40° an. (*Max Schultze.)

In den warmen Quellen („über dem Neubrunnen") u. am St. Bernhardsfelsen zu Karlsbad wuchsen (1771) manche Pflanzen (Juncus bulb., Carex dist., Agrost. alb., Aira aquat.) sehr lebhaft. (*Schreber.) — Auf der Oberfläche des nie gefrierenden Flüsschens Pecze bei Grosswardein schweben fast überall die Blätter u. Blüthen der schönen Nymphaea thermalis, welche hier, sowie auf den Thermalquellen zu Ofen, wohin sie vor mehr als 50 Jahren von Kitaibel verpflanzt wurde, vom Frühsommer bis in den Spätherbst das Auge des Badegastes ergötzt. — Am Rande des Thermalwassers zu Meskoutin, wo das Quecksilber noch 48° zeigt, gedeihen Oleanderbäume vortrefflich, u. an einer Stelle, wo das W. 45° hatte, standen kräftige Dattelbäume. — Auf der Insel Amsterdam sah Barrow Büschel von Lycopodium u. Marchantia an Stellen, wo die Wärme des Bodens (durch thermale W.?) noch viel grösser als 56—59° war. (Voy. to Cochinch. p. 143.) — Ein Feigenbaum hatte bei Althan in Ostindien seine Wurzeln mitten in dem 50' im Umfange messenden W.-Becken eines 63° warmen Wassers getrieben. — *H. C. Thilenius sah den Zweig eines aus der Mauer gewachsenen Rankengewächses mehrere Tage auf dem Spiegel der Adlerquelle zu Wiesbaden frisch grünend u. blühend herumspielen. Ein anderes Mal spross aus der Tiefe dieser 66° warmen Quelle Arundo phragmites hervor. — Die Vegetation der Thermen der Euganeen wurde schon im Alterthume bewundert. „Patavinorum aquis calidis herbae virentes innascuntur" sagt Plinius, u. Cassiodorus schreibt von denselben Quellen, nämlich Abano: „Rideat florenti gramine facies decora campestris, quae etiam ardentis aquae fertilitate laetatur, miroque modo, dum proxime salem generat sterilem, nutriat pariter et virores."

— Auf dem 67°5 warmen Lehm des benachbarten Montegrotto sah im Mai 1820 Zecchinelli Samolus Valerandi vegetiren; der Stamm war von noch wärmerem W. umgeben u. dennoch frisch u. üppig. (*Andrejewskiy De therm. Apon. 1831.) — Von den heissen Quellen von Trincheras schrieb v. Humboldt (Reise in die Aequinoct.-Geg. IV): „Wir erstaunten über den üppigen Pflanzenwuchs um das Becken herum. Mimosen mit zarten u. gefiederten Blättern, Clusien u. Feigenbäume trieben ihre Wurzeln bis in den Grund eines Pfuhls, dessen Temperatur auf 85° stieg. Die Aeste dieser Bäume dehnen sich über die W.-Fläche in der Entfernung von 2 bis 3 Zoll aus. Obgleich immerfort von dem warmen Dunste befeuchtet, zeigte die Blätterbekleidung dieser Mimosen dennoch das schönste Grün. Ein Arum mit holzigem Stamme u. grossen pfeilförmigen Blättern, erhob sich sogar mitten aus einer Pfütze, deren Temperatur 70° war. Die nämlichen Pflanzenarten wachsen in andern Theilen dieser Berge am Ufer von Waldströmen, in welchem der Wärmemesser nicht über 18° angibt." — Ueber die Vegetation bei den Thermen Neu-Seelands berichtete v. Hochstetter: „Was mich am meisten überraschte, war, dass ich gerade unter den Farnen ... neue Arten auffand u. zwar ächt tropische Arten, welche hier nur am Rande heisser Qu., auf warmem Boden u. in einer fortwährend heiss-feuchten Atmosphäre wachsen. Hooker erwähnt das an den heissen Qu. der Nordinsel überall sehr häufige Lycopodium cernuum, eine Art, welche über alle warme Klimate der Erde verbreitet ist, ausserhalb der Tropen aber nur in der Nähe heisser Qu., wo diese den Boden erwärmen, vorkommt, z. B. auf den Azoren, auf der Insel St. Paul im südindischen Ozean, als ein merkwürdiges Beispiel, wie weit sich die kleinen Sporen dieses Lycopodiums verbreiten. Diesem Beispiel kann ich nun noch weiter das Vorkommen von Nephrolepis tuberosa, Nephrodium unitum u. molle beifügen, ächt tropische Arten, welche mehr oder weniger über die heisse Zone der ganzen Welt verbreitet sind. Diese tropischen Arten finden sich tief im Innern der Nordinsel (Neu-Seelands) an den heissen Qu. des Rotomahana u. an den kochenden Qu. von Waikite.... Andere nicht tropische Arten verändern sich auf diesen Standorten zu höchst eigenthümlichen Varietäten." — Cf. Erndtel Probl. de Teplic. therm. c. plantar. circa h. therm. crescent. elench. in Act. phys. med. A. N. C. III, 1723.

Montagne schrieb (185.) über einen monströsen Champignon in den Souterrains zu Luchon; am Badegebäude wächst Coprinus Luxoviensis s. Sporotrichum therm. (*Annal. d'hydrol. IV). Ueber die meist monströsen Schwämme der feuchtwarmen Gallerien s. Annal. d'hydrol. V, 409 u. Ann. des sc. nat. (Bot.) 1858, IX.

Die Zoologie der Thermalwässer wird in einer spätern Abtheilung der Balneologie Platz finden.

Zusätze.

Zu §. 6. Austausch der Wärme des Wassers mit der Luftwärme.

v. Humboldt (1817) bemerkte, dass nur in solchen Gegenden, wo die mittlere Temperatur des Sommers von derjenigen des ganzen Jahres bedeutend abweicht, die Einwohner während der sehr heissen Jahreszeit recht kaltes W. trinken können. „Die Lappländer erfrischen sich, in der Nähe von Umeo u. Sörsele, unter dem 65. Breitegrad, an Qu., deren Temperatur im August kaum 2 oder 3 Grad über dem Gefrierpunkt steht, während den Tag über die Luft im Schatten in eben diesen nördlichen Gegenden die Wärme von 26 oder 27 Grad erreicht. In unsern gemässigten Erdstrichen, in Frankreich u. Deutschland, beträgt der Unterschied des Wärmegrads der Luft u. der Quellen nie über 16 bis 17 Grad; zwischen den Wendekreisen steigt er selten an 5 oder 6 Grad. Die Erklärung dieser Erscheinung wird leicht, wenn man sich erinnert, dass das Innere der Erde u. die unterirdischen Gewässer eine mit der mittlern Jahrestemperatur der Luft beynahe zusammentreffende Wärme besitzen, u. dass diese letztere von der mittleren Sommerwärme um so mehr absteht, als man sich weiter vom Aequator entfernt."

Zu §. 9. Verschiedenheit der Quellwärme und der mittleren Luftwärme des Quell-Ortes.

„Die Uebereinstimmung, welche wir so eben zwischen den barometrischen u. thermometrischen Messungen fanden, ist um so auffallender, als im Allgemeinen die Quellen, wie ich dies an einem andern Orte*) gezeigt habe, in gebirgigen Ländern, bey steilen Abfällen, eine zu starke Abnahme der Wärme anzeigen, weil sie kleine Wasserströme vereinigen, welche sich in verschiedenen Höhen hineinziehen, u. weil folglich ihre Temperatur das Mittel aus den Temperaturen dieser Ströme ist." v. Humboldt (Reise in die Aequinoctial-Gegenden, I, 173).

„Wir machten auf einer kleinen Ebene Halt, die Quetebe heisst u. ungefähr 190 Toisen über der Meeresfläche erhoben ist. Etliche Hütten stehen in der Nähe einer, durch ihre Kühle u. als der Gesundheit sehr zuträglich unter den Landeseingebornen berühmten Quelle. Ihr W. schien uns in der That von vorzüglicher Güte zu sein; seine Wärme zeigte 22°5 des hundertgradigen Thermometers, während die Wärme der Luft auf 28°7 anstieg. Die von nahe liegenden höhern Bergen abfliessenden Qu. zeigen öfters eine allzuschnelle Wärme-Abnahme. In der That, wenn man die mittlere Temperatur des W. an der Küste von Cumana zu 26° annimmt, so folgt daraus, insofern keine anderen örtlichen Ursachen die Temperatur der Quellen ändern, dass die Qu. von Quetebe den beträchtlichen Grad ihrer Kühle auf der absoluten Höhe von mehr denn 350 Toisen erhalten muss." v. Humboldt (Reise II, 1818.)

Koristka (Petermanns Mitth. 1864) schreibt: „Vor Allem ist ersichtlich, dass die Quellen auf der Nordseite der Hohen Tatra eine erheblich niedrigere Temperatur besitzen als die gleich hohen auf der Süd- u. Ostseite, ferner dass dieselbe Qu. an verschiedenen Tagen des Jahres verschiedene Temperaturen zeigt.... Ein

---

*) „Observ. astr. Vol. I, p. 132. So fand Hr. Hunter in den blauen Bergen von Jamaica die Quellen beständig kälter, als sie nach der Höhe seyn sollten, in welcher sie hervorquellen."

regelmässiges Sinken der Temperatur mit zunehmender Seehöhe ist mit zahlreichen Ausnahmen verbunden u. grosse Sprünge, wie solche in massigen Hochgebirgen fast nie vorkommen, sind nicht selten..... Vergleichen wir diese Quellen-Temperaturen mit den benachbarten Mährens, so finden wir im Karpathen-Gebiete .... in denselben Höhen weit niederigere Quellen-Temperaturen; so fand ich dort in den Monaten Juli u. August schon bei 2000 F. eine Quellen-Temperatur von 5°6 R. u. in der Höhe von 2500 F. eine solche von 4°1 R. Ja, auf dem Böhmisch-Mährischen Plateau ist in Iglau bei einer Seehöhe von 1577 F. die mittlere Quellen-Temperatur nur 5°8 R., obwohl die geographische Breite nur um wenige Minuten von jener der genannten Tatra-Qu. verschieden ist. Es deutet dies abermals an, dass im Allgemeinen der Boden der Hohen Tatra wärmer ist, als diess in dieser Breite u. bei dieser Seehöhe zu sein pflegt."

Zu §. 38. Zirknitzer See. Eine analoge Erscheinung bietet der Bauerngraben oder Hungersee dar, den Streng (in Petermann's Mitthl. 1864) beschreibt. In dem Längenthale des Harzes, welches sich von Questenburg über Uftrungen bis hinter Rottleberode erstreckt, liegt ein ganz vollkommen in sich abgeschlossenes Bachsystem, der Bauerngraben oder Hungersee mit seinen Zuflüssen. Der Hungersee ist oval. In SW grenzt er an einen steilen Gypsabsturz, im N u. NW greift er in die Sohle des Agnesdorfer Längenthales ein. Die Böschungen sind sehr steil u. begrenzen scharf die beinahe völlig ebene Beckensohle, die ein Ackerfeld bildet. Im südwestl. Ende des Beckens findet sich nun ein weiter Trichter, dessen Wände sehr schroff u. dabei vielfach eingerissen sind. Hier treten die nackten Gypswände zu Tage u. der tiefste Theil dieses Trichters ist von vielen mehrere Zoll breiten Spalten durchzogen, die in das Innere dieser Gypsschichten hinabzuführen scheinen. Am nördlichsten Ende des Beckens sieht man einen Bach eintreten, der in dem Trichter verschwindet. Nicht immer befindet sich dieses Becken aber in dem beschriebenen Zustande. Oft soll das Becken sich mit W. plötzlich füllen, u. dieses W. mit Fischen bevölkert sein. Das W. bleibt längere Zeit, oft Jahre lang darin; aber der See fliesst dann nicht über, obwohl der Bach hineinkommt. Plötzlich soll dann auch das W. wieder verschwinden."

Nach der Erklärung von Streng liegen hier Erdfälle vor, wie sie am Harze im Gebiete des Gypses durch Auflösung desselben so häufig vorkommen. Das Becken des See's hat sich einmal Bahn durch den Einsturz des Trichters gebrochen, bleibt aber in Verbindung mit unterirdischen Höhlungen. Wird der Inhalt dieser Höhlungen durch partielle Einstürze zurückgehalten, so geht das W. auch in das oberirdische Becken hinein bis der grosse Druck des W. das neue Hinderniss überwindet. Das Aufsteigen des W. kann aber auch vielleicht durch das Einfallen oder Abrutschen von Gypsmassen entstehen, wie denn auch wieder ein weiteres Einfallen einen neuen Abzug für's W. schaffen kann.

Zu §. 41. Höhe des Quell-Ausganges. Quellbildung auf Inseln, Quellen im Meere. Bei Cuba liegt die Bank der Salz-Cayen (Br. 23°58′, L. 82°36′) von denen die niedrigsten Süsswasserquellen enthalten.

v. Humboldt bemerkt über den Cago Flamenco (Br. 21° 59′): „Der Mittelthiel dieses Eylands ist niedrig u. hat mehr nicht als 14 Zoll Erhöhung über dem Meeresspiegel. Es enthält W. von geringem Salzgehalt. Andere Cagos haben ein völlig süsses Wasser.... Die Cayen sind aus Felsengrund u. nicht aus Sand gebildet u. ihre Kleinheit lässt auch nicht wohl annehmen, dass das Regen-W. sich auf ihnen für andauernde Pfützen sammle. Sollte vielleicht das Süss-W. der Cagen von der benachbarten Küste u. den Gebirgen von Cuba selbst vermöge eines hydrostatischen Druckes hervorkommen? Diess würde eine Verlängerung der Schichten des jurassischen Kalksteins im Seegrunde u. die Auflage des Corallengesteins auf dem Kalkfels darthun. *) Es ist ein weit verbreitetes Vorurtheil, dem nach jede Süsswasser- oder Salzwasserquelle für eine kleine Localerscheinung gehalten wird:

*) „Den Alten waren die Süsswasserquellen im Meere bekannt bei Bajä, Syracus u. Aradus (in Phönicien). Strabo, Lib. XVI, p. 754. Auch die Corallen-Inseln um Radak her, vorzüglich das sehr niedrige kleine Eyland von Otkia besitzen Süsswasser." (Chamisso in Kotzebue's Entdeckungsreise, Th. 3, S. 108.)

im Innern der Erde nehmen die Wasserströme ihren Umlauf zwischen Felsschichten von eigenthümlicher Dichtigkeit oder Beschaffenheit in sehr ausgedehntem Umfange u. Entfernung, gleichmässig wie die Flüsse auf der Oberfläche der Erde. Der gelehrte Ingenieur Don Francisco Le Maur bezeugte mir, dass in der Bucht von Xagua, einen halben Grad östlich von den Jardinillos, mitten in offener See, dritthalb Meile von der Küste entfernt, Süsswasserquellen sprudelnd hervortreten. Die Kraft, mit der diese W. zu Tage kommen, ist dermassen gross, dass sie einen für kleine Kähne oft gefährlichen Wellenschlag verursacht. Schiffe, die nicht in Xagua einlaufen wollen, holen zuweilen ihren W.-Vorrath von diesen Qu., deren W. um so süsser u. kälter ist, je tiefer es geschöpft wird. Durch Instinct geleitet, haben auch die Manatis (Lamantins) diese Süsswasserstelle entdeckt, u. die Fischer, welche diesen grasfressenden Cetaceen nachstellen, finden u. erlegen sie da in Menge u. in offener See." (Reise in d. Aequinoctial-Geg. VI.)

Zu §. 48. Eröffnung der Quellen durch vulkanische Kräfte. In der Gegend des Laacher Sees liegt es nahe, die Kohlensäuregas-Entwickelungen u. die davon abhängigen Sauerquellen für die noch fortdauernde Nachwirkung der erloschenen Vulkane zu halten. „Es muss jedoch bemerkt werden, dass selbst in dem Bereiche des devonischen Gebirges näher u. entfernter von den Umgebungen des Laacher See's viele M.Qu. auftreten, die nicht mit frühern vulkanischen Erscheinungen in irgend einem Zusammenhange stehen u. dass sonst zahlreiche u. mächtige M.Qu. u. Kohlensäuregas-Entwickelungen aus weit verbreiteten regelmässig gelagerten Gebirgsschichten hervortreten, in deren Nähe gar keine vulkanische Störungen irgend welcher Art bekannt sind." v. Dechen (Geogn. Führer zu dem Laacher See; 1864).

Zu §. 53. Gase als Triebkraft. „Woher das furchtbare Getöse (blowing of the mountain), das man im Sommer an den siedenden Quellen des Washita u. Little Missoury, südwestlich der vereinigten Staaten hört? (Siehe Dunbar's Beobachtungen in dem Message of the Pres. U. St., 1806, S. 168.)" v. Humboldt (Reise VI, 2. 113).

Auch bei den Salsen u. Schlammvulkanen ist Luft das bewegende Moment. Man wird mit Interesse die Schilderung lesen, welche v. Humboldt (Reise in die Aequinoct.-Geg. VI, 103) von den Schlammvulkanen von Turbaco macht. „In einem Theile des Waldes von Turbaco, der vorzüglich reich an Palmen ist, befindet sich eine lichte Stelle von 800 Quadratfuss, die von aller Vegetation entblöst ist. Der Boden zeigt auf seiner Oberfläche nur Lagen von grauschwärzlichem Thonschiefer, durch Austrocknung in fünf u. siebeneckige Prismen geborsten. Das was man die Volcanitos nennt, sind 15 bis 20 kleine abgestumpfte Kegel, die sich in der Mitte dieses lichten Platzes erheben u. 3 bis 4 Toisen hoch sind. Die höchsten befinden sich auf der Mittagsseite u. ihre Grundfläche hatte zur Zeit, als ich mich in jener Gegend aufhielt, einen Umfang von 220—240 Fuss.*)... Wir fanden auf der Spitze jedes Kegels eine Oeffnung von 15 bis 28 Zoll im Durchmesser.**) Ein erhöhter Rand umgibt diese kleinen Krater, die mit W. angefüllt sind, aus welchen ziemlich periodisch Luftblasen von beträchtlichem Umfange aufsteigen. Ich habe oft in zwei Minuten fünf solcher Explosionen bemerkt. Die Kraft, mit welcher die Luft aufsteigt, lässt auf einen heftigen Druck im Innern der Erde schliessen. Auch hört man von Zeit zu Zeit ein dumpfes, starkes Getöse, welches um 15 odor 18 Secunden dem Heraustreten der Luftblasen vorangeht." Eine einzige der Luftblasen enthielt 10—12 Kubikzoll Luft. „Die Gasausströmungen sind zuweilen so heftig, dass das W. aus dem kleinen Krater wie geschleudert wird, oder, nachdem es einen Riss in den Rand gemacht, an dem Abhange eines Kegels herunterfliesst. Einige der Oeffnungen, durch welche das Gas aufspringt, befinden sich in der Ebene, wo das Erdreich nicht wölbig ist. Ich habe bemerkt, dass, wenn die Oeffnungen, die nicht auf dem Gipfel der Kegel befindlich u. die mit einer kleinen, 10 bis 14 Zoll hohen Thonmauer umgeben sind, beinahe aneinander stossen, die Ausbrüche nicht

*) Eine Zeichnung derselben findet sich in v. Humboldt's Vues des Cordilleres.

**) „Einige dieser Oeffnungen waren nur 6 Zoll weit u. ihre Wirksamkeit schien mit ihrer Kleinheit zu steigen."

gleichzeitig geschehen. Es scheint, dass jeder Krater das Gas durch einen verschiedenen Leiter empfängt, u. dass diese Leiter, die sich in einen u. den nämlichen Behälter von zurückgepresstem Gas verlieren, mehr oder weniger Hinderniss dem Ausströmen des luftförmigen Fluidums entgegensetzen. Ohne Zweifel ist es dieses Fluidum, dessen Ausdehnung den Thonboden zu Kegeln gehoben hat; u. das dumpfe Geräusch, das dem Aufsteigen der Luftblasen vorangeht, deutet wohl an, dass man auf einem der hohlen Erdstriche (Tierras huecas) sich befindet, die im südlichen America, selbst entfernt von den Feuervulcanen, so gewöhnlich sind. Die indianischen Kinder, die uns begleiteten, halfen uns diese kleinen Krater mit Letten zustopfen; allein das Gas fand beständig seinen Ausfluss aus den nämlichen Punkten wieder, indem es die aufgehäufte Erde über den Rand hinauswarf. Da die Volcanitos sich an einem ziemlich begangenen Wege befinden, so haben die Eingebornen oft Gelegenheit sie zu beobachten. Sie versichern, dass seit zwanzig Jahren die Zahl u. Form dieser Kegel sich nicht merklich verändert habe, u. dass die kleinen Krater, selbst in der trockensten Jahreszeit, mit W. angefüllt seien. Die Temperatur dieses W. ist nicht höher als die der Atmosphäre .... ziemlich gleichmässig 27°—27°2. Kein leuchtendes Phänomen ist an diesen Orten bemerkt worden.... Wir konnten mit langen Stangen 6 bis 7 Fuss tief in die Oeffnungen der Krater dringen; der Boden ist von ausserordentlicher Weichheit, so dass sich schwer bemerken lässt, wo man auf den wirklichen Grund der Oeffnung kommt. Es scheint dass die kleinen Krater der Kegel allgemein nur eine Tiefe von 24 bis 30 Zoll hatten. Das Gas steigt durch eine grauschwärzliche Thonerde, hebt diese auf u. trübt das W., von welchem es sich loszubinden scheint. Lässt man dieses W. in einem Gefässe ruhig stehen, so wird es durchaus klar u. behält einen schwachen Alaungeschmack, ohne Schwefel in Berührung mit dem Oxygen der Atmosphäre abzusetzen." *) Nach den mit diesem nicht im mindesten nach HS riechenden Gase vorgenommenen Versuchen war es fast reiner N; wenigstens war es frei von CO^2 u. O; es löschte die Flamme aus, hob die Phosphorescenz des Phosphors u. der Leuchtkäfer auf. Die Menge dieses Gases schätzte v. Humboldt auf mehr als 3000 K.F. täglich.

---

*) Bleisalpeter bräunte es nicht; Kleesäure machte einen Niederschlag.

Maasse, Gewichte.

Die Maass- u. Gewichts-Verhältnisse, welche vorzugsweise für die chemischen Analysen in Anwendung kommen, sind in der Hydro-Chemie angeführt; für die Physik bleiben die Längenmaasse, einige Hohlmaasse, die Beziehungen der Gewichte zu den Hohlmaassen u. der Gewichte untereinander anzugeben.

1.) Längenmaasse mit dem metrischen Maasse verglichen.

1 Meter = 3,0784 pariser Fuss oder 3,1862 rheinische Fuss.

1 pariser Fuss	= 324,84	Millimeter,
1 rhein. (preuss.) Fuss	= 313,85	„
1 österr. Fuss	= 316,1	„
1 engl. (russ.) Fuss	= 304,79	„
1 hannov. Fuss	= 292,1	„
1 baier. Fuss	= 291,86	„
1 würtemb. Fuss	= 286,49	„
1 nass. Fuss	= 287,3	„
1 kurhess. Fuss	= 287,7	„

1 grossherz. hess. F. = $^1/_4$ Meter, 1 badener, schweizer F. = 0,3 M.

1 Zoll in Frankreich, Preussen, Oesterreich, Russland, England = $^1/_{12}$ Fuss, in Sachsen, Grossherz. Hessen, Baden, Würtemberg, Schweiz, Schweden, Neapel = $^1/_{10}$ Fuss.

Die Toise ist = 6 F. oder 1,949 Met., die preuss. Ruthe = 12 F. oder 3,766 Met., der österr. Klafter = 6 F. oder 1,897 Meter.

2.) Hohlmaasse untereinander verglichen.

1 K.Meter = 1000 Liter.
1 K.F. = 1728 Kub.Zolle, wenn der Fuss zwölfzöllig ist.

1 Kubik-Meter	= 29,1738	par. K.F.
1 „ „	= 31,658	wien. „
1 „ „	= 32,346	rhein. „
1 „ „	= 35,317	engl. „

100 par. K.Fuss	= 3,4277	K.Meter,
„ wien. „ „	= 3,1588	„ „
„ rhein. „ „	= 3,0916	„ „
„ engl. „ „	= 2,8315	„ „
„ würtemb. „ „	= 2,3514	„ „
„ baier. „ „	= 2,486	„ „
„ bad. (schweiz.) „ „	= 2,700	„ „
„ hannov. „ „	= 2,492	„ „
„ sächs. „ „	= 2,271	„ „
„ kurhess. „ „	= 2,381	„ „

1 Liter = $^1/_{1000}$ K.Meter = 1000 Kub.Centim. = 50,412 par. oder 55,894 rhein. K.Zolle = $^1/_2$ hess. darmst. Maass = $^2/_3$ bad., schweiz. Maass = 0,8734 preuss. Quart.

1 Hectoliter	=100	Liter	
1 preuss. Quart (64,008 rh. K.Z.)	= 1,145	„	
1 österr. Quart	= 1,415	„	(1 Seidel = 0,353 Lit.)
1 bad. (schweiz.) Maass	= 1,500	„	
1 würt. Maass	= 1,837	„	
1 baier. Kanne	= 1,069	„	
1 schwed. Kanne	= 2,6172	„	
1 engl. Imperial-Gallone	= 4,5435	„	(Biergallone 4,621 Lit.)
1 österr. Eimer (40 Quart)	= 56,5	„	
1 baier. „ (64 Maass)	= 68,4	„	
1 würtemb. „ (160 Maass)	= 294,	„	
1 preuss. Ohm (2 Eim. = 120 Qu.)	=137,4	„	

1 hess.-kass. Ohm = 60 hess. Maass, 1 bad. Ohm = 1000 bad. Quart.

3.) Gewicht der mit Wasser angefüllten Hohlmaasse.

1 Kub.Centim. fasst bei 4° C. 1 Gramm Wasser; 1000 Kub.Cent. (1 Litre) fassen 1 Kilogramm Wasser.

1 rh. Kub.F. fasst bei 4°1 C. 30,918 Kilogr.;

1 österr. Kub.F. fasst 56,5 österr. Pfund = 31,64 Kilogramm Wasser.

4.) Gewichte untereinander verglichen.

1 Kilogramm = 1000 Gramm.

1 bad., grossh. hess., schweizer Pfund = $^1/_2$ Kilogr.

1 österr., baier. Pfund = 560 Gr.

1 würt., sächs., kurf. hess., braunschw. Pfund = 467,7 Gr.

Ueber den Wasserzoll s. S. 82.

Register.

Die Zahlen bedeuten die Seiten. A. heisst Anmerkung.

Erklärung der Tafeln.

Die Figuren sind an betreffender Stelle im Texte erklärt; doch ist zu bemerken, dass einzelne derselben eigentlich der Hydro-Chemie angehören, von welcher die Hydro-Physik wegen zu grosser Stärke des Bandes gegen den ursprünglichen Plan abgetrennt wurde.

Der Holzschnitt beim Titelblatt stellt Thermen von Waikato auf Neu-Seeland dar. Cf. S. 62.

Taf. I, Fig. 1. Schichtendurchbruch. BB durchbrochene Schichten, D durchbrechendes Gebirge, A Sedimentärformation.

Fig. 2. Schichtenzerstörung, eine Spalte bildend, worin bei A Wasser eingeht, um bei Q als absteigende Quelle zu erscheinen.

(Fig. 3. Kalksinter-Krystalle von Aedepsos, vergrössert.)

Fig. 4. Wasserlauf A Q zwischen zwei Schichten.

Fig. 5. In A gesammeltes Wasser, das den Schichten nachlaufend eine wenig aufsteigende Quelle bei Q bildet.

Fig. 6. Den Schichten nach ablaufendes Wasser A, das durch ein Bohrloch B eine aufsteigende Quelle bildet.

Fig. 7. Gebirgsschichten, die durch eine aufgestiegene Masse L einerseits zerstört sind u. bei A Wasser einlassen, das über den wasserdichten Lagen d′ d″ d‴ verlaufend, bei T′ T″ T‴ oder durch Spalten eines Felsen G durchdringend bei T^{iv} aufsteigende Quellen bildet.

Fig. 8. In den Gebirgsspalten A versinkt atmosphärisches Wasser, bildet bei BB eine Ansammlung über einer grösstentheils dichten Schichte D, zieht aber durch Risse b, c tiefer u. fliesst bei b als absteigende Quelle, bei C′ als aufsteigende Quelle aus. Das durch die Spalten dd durchgedrungene Wasser füllt Höhlungen aus. In der Tiefe wird es bei K von Kohlensäure durchströmt u. wird zum Sauerwasser, das bei L (rechts) durch ein Bohrloch als Sprudel aufsteigen würde. Das andere durch L (links) angedeutete Bohrloch würde über dem Wasser angesammelte Kohlensäure (CO^2) treffen u. bis zu deren Entleerung nur einer Gasquelle einen Ausweg verschaffen.

Fig 9 a, b. Zwischen den gebogenen Schichten liegt eine mit Wasser imprägnirte Schichte H, oder in Fig. 9 c ist es eine Höhle, die im Felsen liegt, die durch Aufsteigen u. Fallen am Ende ihres Verlaufs eine Heberform annimmt u. so bei Q zu einer intermittirenden Quelle Anlass gibt.

Taf. II, (Fig. 1. Hundsgrotte nach einer Zeichnung von Kircher, etwas idealisirt. Cf. Hydro-Chemie.)

Fig. 2. Zeichnung von Ramazzini über die Verhältnisse der artesischen Brunnen zu Modena. E F G H Bohrlöcher, die durch die Schichten (Cret. Kreide u. Pal. Sumpf) niedergehen.

Fig. 3. Verbau der Ausbrüche des Karlsbader Sprudels im Flussboden der Tepel. Die eingezeichneten Zahlen beziehen sich auf die Jahre, in denen an den betreffenden Stellen das Thermalwasser die Sinterdecke durchbrach.

Taf. III, Fig. 1. Boraxsäurequellen (Lagoni) in Toscana. Cf. Hydro-Chemie u. Hydro-Phys. S. 171.

Fig. 2. Quellenzüge von Karlsbad. (1) (2) (3) bezeichnen die verschiedenen Granite; die besonders in der Nähe des Flusses gelagerten dickern Punkte sind einzelne Quellen, die sich durch ein paar parallele Linien u. wenige Queerlinien miteinander in Verbindung setzen lassen.

Fig. 3. Lage der Thermen zu Baden. Cf. S. 161.

Fig. 4. (Quellenorte in der Umgegend von Pyrmont u. Driburg. Bei mehreren Namen steht eine Zahl, welche den Gehalt der Quellen an Kohlensäure (als Zehntausendtel-Gewichtstheile) anzeigt. Cf. Hydro-Chemie.)

Taf. IV, Fig 1 u. 3 beziehen sich auf die Bohrversuche zu Nauheim. Die Zahlen, welche in Fig. 3 bei den einzelnen Bohrlöchern (No. 1—12) untereinander eingeschrieben sind, bezeichnen den Prozent-Gehalt des in der betreffenden Tiefe gefundenen Wassers.

Fig. 2 bezieht sich auf die Gebirgslagen, welche in Kissingen zur Erzeugung des Schönbornsprudels durchbohrt worden sind.

Balneologische Schriften desselben Verfassers:

Einleitung in die Mineralquellenlehre, 2 Bände, 1852—60.

Die Burtscheider Thermen bei Aachen, 2 Hefte, 1862.

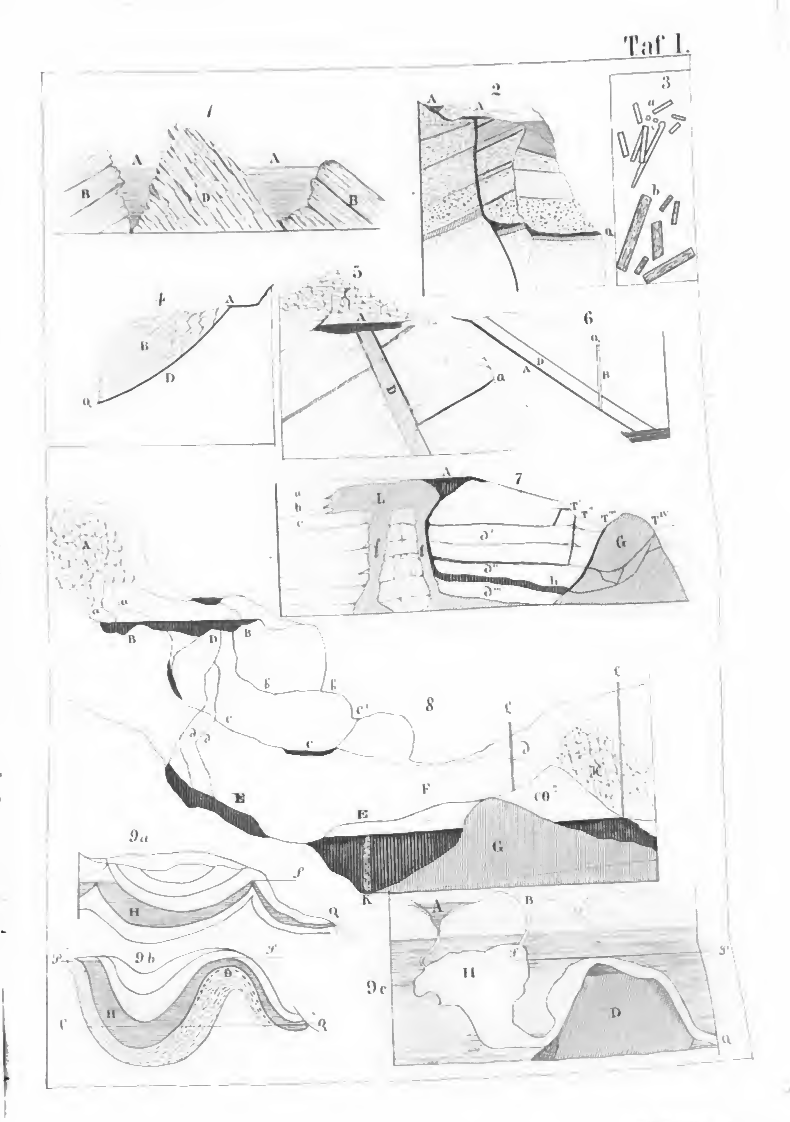
Geschichte der Hydrologie oder des Gebrauches des Wassers zu religiösen, diätetischen und medizinischen Zwecken, 1863.

Hydro-Chemie oder Handbuch der Chemie der natürlichen Wässer nach den neuesten Resultaten der Wissenschaft. Zweite Auflage. Mit Holzschnitten und Steindrucktafeln, 1864.

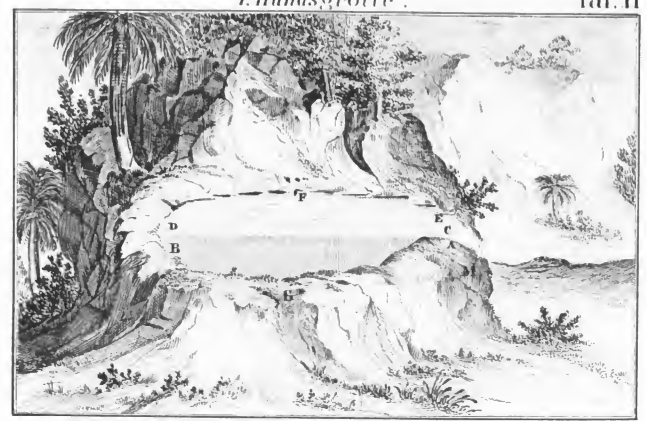
Nächstens erscheint:

Theorie und Praxis der Balneologie und Hydroposie.

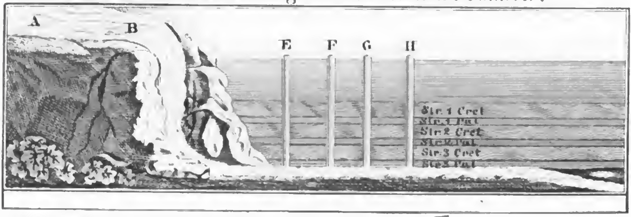
Druck von M. URLICHS Sohn in Aachen.


Taf I.

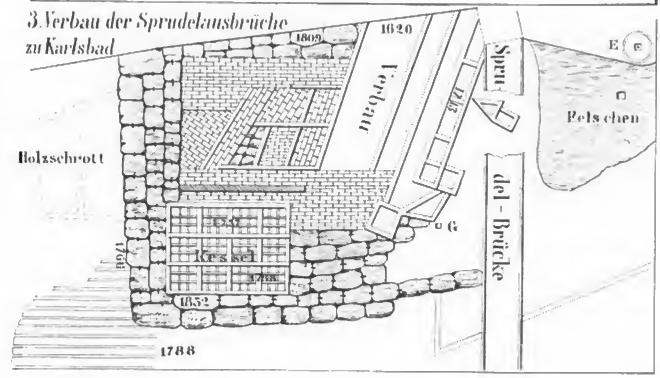
1. Hundsgrotte.



2. Durchschnitts-Zeichnung von artefischen Brunnen.

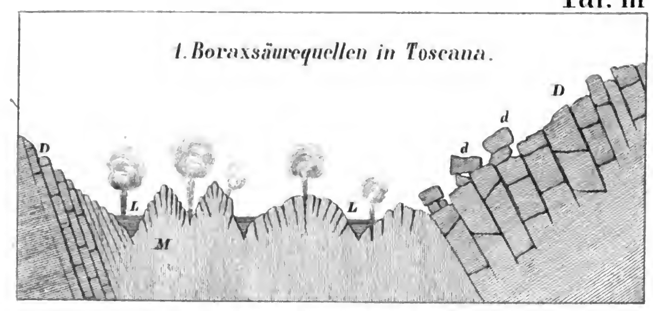


3. Verbau der Sprudelausbrüche zu Karlsbad

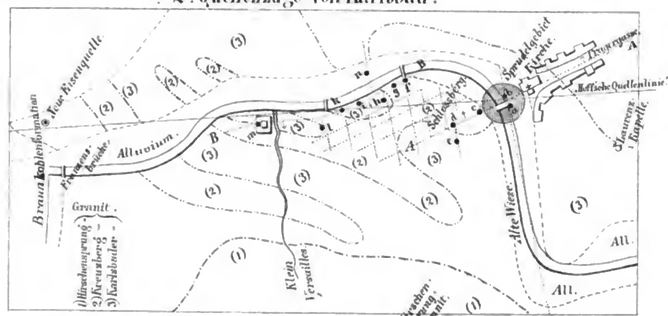


Taf. III

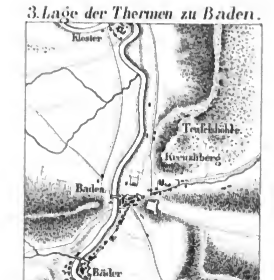
1. Boraxsäurequellen in Toscana.



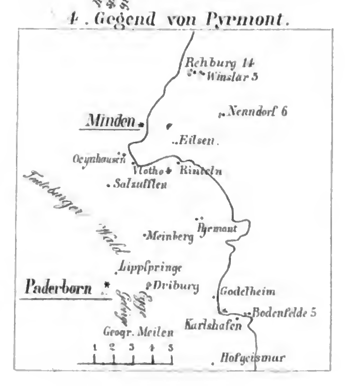
2. Quellenzüge von Karlsbad.



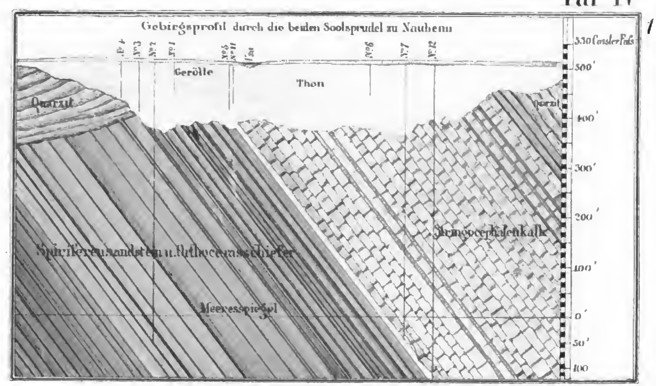
3. Lage der Thermen zu Baden.



4. Gegend von Pyrmont.



Taf IV



2

Gebirgsprofil durch die Soolsprudel zu Kissingen.

Süden Norden.

Intermittirender Sprudel. Schönborn Sprudel.

1. Muschelkalk
2. Buntsandstein obere Gruppe
3. Buntsandstein mittlere Gruppe
4. d° untere
5. Zechsteindolomit.
6. Salzthon.
7. Anhydritgruppe.
8. Zechstein.

3

Stringocephalenkalk
Soolschicht-Conglomerat
Orthoceras schiefer
Spiriferensandstein
Gebirgsprofil durch die Soolsprudel zu Nauheim

